ORIGINAL-BAUPLÄNE

73

Klaus Schlenzig

Super-Mini für unterwegs

Inhalt

1. Einleitung

Musik für unterwegs – das ist in letzter Zeit wieder »persönlicher« geworden. Wer mit einem Stereorecorder lautstark seine Umwelt belastet, ist meist nicht sehr willkommen. Es hat auch seinen Preis, denn mancher Akustikkoffer gibt unterhalb von 100mA keinen Ton von sich. Und die meist 9V an R14- oder gar R20-Zellen wiegen auch einiges. Etwa gleichen Strombedarf haben die wesentlich umweltfreundlicheren kleinen und leichten Begleiter, die man mit einer Magnettonbandkassette füttert und die deren Inhalt außerhalb der Ohren ihres Nutzers meist nur noch leise zirpend ahnen lassen – es sei denn, der Träger ist diskogeschädigt. Dafür gibt es nun eine neue Art von Verkehrsproblem, zumindest dort, wo allzu unbekümmert in die Hörer gelauscht wird statt in den Sound der Umgebung. Bei den meisten hat sich das aber inzwischen auf ein vernünftiges Maß eingependelt.

Noch weniger Energie schließlich brauchen die in der Wirkung vergleichbaren kleinen Stereo-UKW-Empfänger wie etwa unser »Nante«, und sie bringen dafür statt der mitgenommenen Konserve auf Wunsch das aktuelle Programm der favorisierten Station in die Ohren. Komfortgeräte schließlich kombinieren beide Möglichkeiten: Sie lassen die Wahl zwischen Kassettenhören mit größerem und Rundfunk mit kleinerem Strombedarf.

In diesem Spektrum gab es eine Lücke. Sie erklärt sich aus der eindeutigen Überlegenheit von HiFi-Kassettenaufnahmen und der selbst mit bescheidenem Aufwand erreichbaren Musikqualität bei UKW-Empfang. Der Hauptvorzug beider Möglichkeiten besteht in der stereofonen Wiedergabe.

Erst im Gebrauch erkennt man Grenzen. Die der Kassettenabspielgeräte (Walkman nach der geschützten Bezeichnung ihres Ersthersteller) liegen, wie schon erwähnt, beim Strombedarf und in der begrenzten Variabilität unterwegs. Bei tragbaren UKW-Empfängern dagegen erweist sich die Ortsveränderbarkeit im Detail oft als Qualitätskiller. Bekanntlich sind die Ultrakurzwellen um 3m Wellenlänge leider sehr anfällig gegen Hindernisse auf dem Wege vom Erzeuger zum Verbraucher. Besonders in eng bebautem Gelände spürt man das. Es äußert sich nicht nur in Schwankungen der Lautstärke, sobald man an die Grenze des vom Empfänger Ausregelbaren gelangt. Als weit unangenehmer erweisen sich Verzerrungen als Folge von Mehrwegeempfang mit unterschiedlichen Laufzeiten (Reflexionen an Gebäuden u.ä.). Wer allerdings irgendwo längere Zeit warten muß, der wird voll in den Genuß der Vorzüge eines UKW-Stereoempfängers kommen. Doch den muß man sich selbstverständlich erst einmal zusammengespart haben.

Die erwähnte Lücke liegt dort, wo es nicht auf höchste Wiedergabequalität ankommt, wo man unterwegs einfach dezent unterhalten oder informiert sein möchte. In diese Lücke paßt ein kleiner Begleiter, der sich mit Mittelwelle begnügt und damit auch mit monofoner Wiedergabe. Seit es die beliebten kleinen und leichten Kopfhörer für solche Zwecke gibt (Bild 1), auch in Monoausführung (nur eine Steckerfrage, siehe weiter hinten), haben viele bereits die kleine Buchse an ihrem Taschenradio wiederentdeckt und schätzengelernt. Bekanntlich wird von dieser Buchse bei Einführen eines passenden Steckers der Innenlautsprecher automatisch abgeschaltet. Es lohnt durchaus, sich einen solchen Hörer anzuschaffen. Zwar kostet er etwa das Dreifache der früher üblichen Ohrhörer mit ihrem schmalen Telefonsound, aber dafür erhält man auch 2 Hörer mit Tragebügel, und die Wiedergabequalität ist eben deutlich besser. Schließlich entfallen die lästigen Eigenschaften jener »Ohrwürmer« (Einstecken in den Gehörgang bzw. das Fummeln mit einem Plastbügel über dem Außenohr).

Weitergedacht, kann man nun den Lautsprecher gleich zu Hause lassen. Das bringt meist eine Volumeneinsparung zwischen 20 und 50%, je nach Konzeption. Und da die Aussteuerung der Kopfhörer wesentlich kleiner bleiben kann, läßt sich an Batterie sparen – bezüglich des Stroms wie hinsichtlich der Spannung. Das ist wiederum Voraussetzung für kleinere Typen und damit Einsparen von Volumen und Masse.

In dieser Hinsicht knüpft der vorliegende Bauplan an das Einchip-Radio Mini aus Bauplan 68 an. Jenes Gerät bildete eine für Amateure sinnvolle untere Grenze bezüglich des Lautsprecherbetriebes eines Kleinempfängers. Nicht nur aus Gründen des einfachen Nachbaus wurde eine Einkreiserlösung vorgestellt. Bei dieser Empfängerart läßt sich, wie gezeigt wurde, auch der häufig gegebene Engpaß im örtlichen Bauelementeangebot bezüglich der Miniaturdrehkondensatoren umgehen.

Ganz so einfach wird es diesmal nicht. Das bezieht sich auch auf die bei einem Überlagerungsempfänger nun einmal unumgänglichen Filter für die Zwischenfrequenz (ZF), die durch Mischen der empfangenen mit einer um diese ZF höheren Frequenz entsteht. Diese Hilfsfrequenz wird im Empfänger erzeugt und muß im Gleichlauf mit dem Eingangskreis abstimmbar sein, damit stets eben die ZF entsteht. Die Zwischenfrequenz läßt sich einfacher weiterverstärken, als es bei einem »Geradeaus-Empfänger« wie Mini möglich wäre. Der Grund liegt in Effekten, die bei hochverstärkenden Systemen in der Technik immer wieder auftreten und beherrscht werden müssen: Man kann ein Signal im Mikrovoltbereich in seiner ursprünglichen Frequenzlage nur so weit verstärken, daß im gegebenen Rahmen noch keine Selbsterregung auftritt. Sie setzt ein, wenn vom verstärkten Signal in der richtigen Phasenlage mindestens so viel wieder auf den Eingang gelangt, daß es für die Aufrechterhaltung dieser Ausgangsamplitude ausreicht. In einem solchen hochgezüchteten Gebilde braucht man kein Eingangssignal mehr, wenn, z.B. beim Einschalten, die Selbsterregung durch einen Impuls eingeleitet wird. Wenn nicht, ist es spätestens dann soweit, wenn ein Nutzsignal oder eine beliebige Störung am Eingang erscheint.

Genau ein solches Verhalten nutzt man allerdings aus, um die Hilfsfrequenz für das Umsetzen der Signalfrequenz im Überlagerungsempfänger zu erzeugen. Dieser Schaltungsteil heißt Oszillator. In einfacheren Geräten – die meisten kleineren tragbaren Empfänger gehören dazu – wird die Umsetzung schon ganz am Anfang der Verarbeitungskette vorgenommen. Da die umgesetzte Frequenz niedriger als die ursprüngliche ist, läßt sie sich leichter beherrschen. Das liegt u.a. an den Kapazitäten zwischen Ausgang und Eingang, über die die unerwünschte Rückkopplung zustande kommt (wenn nicht über induktive Kopplung). Da der kapazitive Widerstand mit steigender Frequenz kleiner wird, genügen bei höheren Frequenzen kleinere Kapazitäten. Und solche Kopplungen sind in einem Schaltungsaufbau immer vorhanden. Schirmmaßnahmen gehören darum zum üblichen Aufwand in diesen Geräten. Bereits unsere Vorfahren aus den Anfängen der Rundfunktechnik, die »Röhrenpioniere«, kann-

ten das: Bei einem selbstgebauten Überlagerungsempfänger schwingt zunächst einmal alles – bis auf den Oszillator ...

2. Nur für Einsteiger: der »Super«

Das bereits kurz angesprochene Wirkprinzip des Überlagerungsempfängers soll für die Neuleser der Bauplanreihe in Bild 2 nochmals kurz skizziert werden. Das Eingangssignal mit der Senderfrequenz (f_e, bei Mittelwelle also etwa zwischen 520 kHz und 1,62 MHz) trifft sich – eventuell hinter einer Vorverstärkerstufe – in der Mischstufe mit dem im Oszillator erzeugten Hilfssignal. Dessen Frequenz f_0 liegt um den Wert $f_0 - f_e = f_z$ höher, so daß – was man mathematisch nachweisen kann – in der Mischstufe Mischprodukte entstehen. Darunter ist f_z die gewünschte Frequenz. Es entsteht aber z. B. auch die Summe beider Frequenzen, und besonders bei größeren Verzerrungen oder bei Einfall starker Störfrequenzen ergeben sich weitere Mischprodukte, die unter bestimmten Umständen stören können. Die der Mischstufe folgenden Filter sollen all das unterdrücken und nur den schmalen Nutzbereich links und rechts neben f_z durchlassen. Die zunächst ziemlich kleine Nutzsignalamplitude muß erheblich verstärkt werden. Außerdem muß die Schaltung Maßnahmen enthalten, die die unterschiedlichen Pegel der empfangenen Stationen ausgleichen.

In dem aus Verstärkerstufen und Filtern bestehenden ZF-Verstärker werden gegenwärtig meist Kombinationen aus Spulen- und piezokeramischen Filtern benutzt. Beide Arten haben eines gemeinsam: Aus dem angebotenen Frequenzgemisch bevorzugen sie den schmalen Bereich, in dem sie mit dem geringsten Aufwand an zugeführter Energie selbst schwingen. Im Keramikfilter findet dabei eine Wechselwirkung zwischen elektrischer und mechanischer Energie statt. Die über Elektroden an den schwingfähigen Körper angelegte Wechselspannung erregt die Keramikscheibe zu mechanischen Schwingungen. Man darf jedoch von solchen Filtern keine Wunder erwarten. Hat ein unerwünschtes Signal eine extrem hohe Amplitude, bleibt eben davon auch hinter dem Filter noch ein merklicher Rest. Sehr hohe Störsignalwerte können außerdem in der nächstfolgenden Verstärkerstufe neue Mischprodukte entstehen lassen, weil sie sich mit der Nutzfrequenz überlagern.

Dem Piezofilter macht es ein vorgeschalteter LC-Kreis leichter, denn es gibt in solchen mechanisch-elektrischen Filtern noch eine Anzahl störender Nebenresonanzen, die gar nicht erst angeregt werden dürfen. »Weitab« vom Resonanzbereich ist dann alles wieder in Ordnung. LC-Filter verhalten sich in dieser Hinsicht »sauberer«.

So wie das mechanische Filter Anregungsenergie zur Deckung seiner Verluste beim Schwingen braucht, müssen auch im LC-Filter Verluste gedeckt werden. Sie ergeben sich aus dem Kupferwiderstand der Spule, aus dielektrischen Verlusten im Kondensator, aus der für das ständige Ummagnetisieren des Spulenkerns erforderlichen Energie und aus Wirbelstromverlusten in der aus Schirmgründen nötigen Filterkappe.

Diese Verluste haben aber auch eine positive Wirkung. Ein (fast) idealer Resonanzkreis würde sich im Verlauf der Amplitude über der Frequenz als schmale »Nadel« präsentieren (siehe Bild 3). Der reale Kreis hat einen gewissen Durchlaßbereich, eine »Bandbreite«, die man aber braucht. Als Bandbreite wird der Bereich beidseits der Resonanz bezeichnet, bei dem die Amplitude auf den Faktor 0,7 gegenüber dem Resonanzpunkt abgefallen ist.

Der betrachtete Parallelschwingkreis stellt sich als ein komplexer Widerstand dar. Unterhalb der Resonanz überwiegt der induktive Leitwert, weil der kapazitive Widerstand bei tiefen Frequenzen einen hohen Wert aufweist, oberhalb ist es umgekehrt. Beim Resonanzpunkt sind kapazitiver und induktiver Leitwert gleich. Doch bekanntlich sind L und C sogenannte Blindwiderstände. Während an einer Induktivität bei Anlegen einer Spannung erst nach einer

von L abhängigen Zeit der vom stets vorhandenen ohmschen Widerstand bedingte Höchststrom fließt, bildet eine Kapazität in einem Stromkreis beim Einschalten zunächst einen Kurzschluß und lädt sich danach erst auf die unter Schaltungsbedingungen mögliche Spannung auf. Bei der Induktivität eilt also die Spannung dem Strom voraus, bei der Kapazität der Strom dagegen der Spannung. Im Schwingkreis führt das bei Gleichheit beider Blindwiderstände dazu, daß die dem Kreis zugeführte Energie wörtlich in diesem kreist. Von außen muß nur noch so viel zugeführt werden, wie die bereits genannten Verluste beanspruchen. Diese Verluste bildet man bei der Betrachtung des Parallelschwingkreises in einem parallel zu L und C liegenden ohmschen »Resonanzwiderstand« ab. Betrachtet man also den Schwingkreis als komplexen Widerstand, so entspricht sein Verlauf dem der Spannungsresonanzkurve, nur daß die Phasenlage zum Gesamtsystem unterhalb der Resonanzfrequenz einem überwiegend induktiven und oberhalb einem überwiegend kapazitiven Widerstand entspricht. Bei Resonanz dagegen sind zugeführter Strom und auftretende Spannung in Phase. Auf Grund der Wirkwiderstände wird die Resonanznadel zur Resonanzkurve mit endlicher Bandbreite.

Was am Lautsprecher oder Kopfhörer unseres Empfängers herauskommt, ist nun bekanntlich eine hörbare Niederfrequenz. Ihr übertragener Bereich hängt von mehreren Faktoren ab. Daß uns auf Mittelwelle nur wenige Kilohertz angeboten werden, hat folgende Gründe. Besonders in den Abend- und Nachtstunden empfängt man auf diesem Bereich viele ferne Stationen. Die hohe Reichweite zu dieser Tageszeit und die große Anzahl an Sendern bedeutet, daß sich jeder in der übertragenen Bandbreite einschränken muß, sonst kommt es zu erheblichen gegenseitigen Störungen. Das muß man auch bei der Auslegung der Filter im Empfänger berücksichtigen. Früher, als die Wiedergabegeräte selbst keine naturgetreue Wiedergabe zuließen, konnte man das akzeptieren. Die heute weit höheren Ansprüche auf Grund der technischen Möglichkeiten sind dagegen nur auf Ultrakurzwelle zu befriedigen. Die aus physikalischen Gründen begrenzte Reichweite erlaubte es, jeder Station ein wesentlich breiteres Band zuzuteilen. Mit der Frequenzmodulation wurde dieses Angebot optimal genutzt. Man erhält eine breitbandige und dabei von Störern, die bei Amplitudenmodulation noch voll »durchschlagen«, weitgehend freie Wiedergabe. Allerdings ist der technische Aufwand dafür auch höher. Damit bleibt die Mittelwelle vorerst noch der leichtere Einstieg in die Hochfrequenztechnik.

Zurück zu den Filtern, den wesentlichen Komponenten für einen guten Empfang. Dichte Senderbelegung und damit auch begrenzte Übertragungsbandbreite bedeuten schmalbandiges Filtern. Je steiler dabei der Abfall der Amplitude außerhalb des gewünschten Bereichs, um so besser. In der Vergangenheit, als sich auch höherwertige Empfänger noch mit Mittelwelle begnügen mußten, hat man daher auf solche Filter viel Sorgfalt verwendet. Mehrkreisige Bandfilter wurden gebaut, deren Durchlaßkurve dem angestrebten Ideal entsprechend gestaltet wurde. Unsere anspruchslosen Taschenradios dagegen enthalten heute meist nur noch 1 Piezo- und 2 Spulenfilter, wobei die letztgenannten lediglich Einzelkreise sind, allenfalls mit einer Koppelwicklung zur Widerstandsanpassung an die vorhergehende oder folgende Stufe. Durch Versatz der Resonanzfrequenzen ergibt sich ein akzeptabler Kompromiß zwischen Bandbreite und Trennschärfe.

Diese Filter müssen so breit sein, daß sie sowohl »links« als auch »rechts« von 455 kHz (dem üblichen ZF-Wert) noch jeweils die höchste zu empfangende Niederfrequenz umfassen. Beispiel: Für eine höchste übertragene NF von 5 kHz muß der gesamte ZF-Verstärker 450 bis 460 kHz durchlassen. Bei der für Mittelwelle, Langwelle und die Rundfunkbänder der Kurzwelle benutzten Zweiseitenband-Amplitudenmodulation entstehen nämlich ein unteres und ein oberes Seitenband. In beiden ist die NF-Modulation in der genannten Form enthalten. Das ändert sich also auch durch das Umsetzen in der Mischstufe nicht: 5 kHz maximale NF-Frequenz bedeuten eben bei beispielsweise 1 MHz Empfangsfrequenz Seitenbänder zwischen 995 kHz und 1,005 MHz. Gegenwärtig gilt für Mittelwelle ein »Raster« von 9 kHz. Kleinere

Senderabstände führen zu Interferenzpfeifen. Auf Kurzwelle, bei der die Stationen dichter nebeneinanderliegen, ist das noch immer zu beobachten.

An das letzte ZF-Filter ist ein Demodulator angeschlossen. Er trennt die dem Träger als Hüllkurve gemäß Bild 4 aufgeprägten, durch das Modulationsverfahren zur Nullinie symmetrischen NF-Schwingungen wieder vom hochfrequenten Träger. Die NF erscheint am Ausgang an einem Kondensator, dessen Spannung den Hüllkurvenwerten folgt.

Besonders in älterer Literatur findet man oft umfangreiche Informationen zu diesem Thema. Beispielsweise wird in dem 1978 in 5. Auflage erschienenen »Handbuch Amateurfunk« aus dem Militärverlag ab Seite 467 abgeleitet, wie die AM-Seitenbänder und das symmetrische Modulationsbild entstehen.

3. Der Chip zwischen Antenne und Lautsprecher

Wären nicht die Schwingkreise, die Senderwahl und Ausfiltern bewirken, würde ein Mittelwellensuper mit dem Schaltkreis A 283 D neben einer kleinen Handvoll Kondensatoren und wenigen Widerständen nur noch Antenne, Lautsprecher (oder Kopfhörer), Batterie und Bedienteile brauchen. Als in den 60er Jahren Taschenempfänger mit Transistoren gebaut wurden, mußte man einen großen Teil des Entwicklungsaufwands für das Optimieren von Arbeitspunkten und Regelungen sowie für Maßnahmen gegen Schwingneigung u. ä. opfern. Zudem brauchte man für ein vernünftiges Ergebnis wenigstens 6, besser 9 V, und die Empfangseigenschaften waren noch dazu von Spannung und Temperatur abhängig.

3.1. Die integrierte Lösung

Nur die soeben erwähnten »passiven« Teile sind nahezu unverändert geblieben. All die Misch-, ZF-, NF- und Endstufentransistoren aber hat ein 16beiniger kleiner Schaltkreis abgelöst (Bild 5). Man führt ihm über eine Koppelwicklung auf dem Antennenstab die im Eingangskreis ausgefilterte Senderfrequenz zu. Der Schaltkreis erzeugt in Verbindung mit dem an ihn ebenfalls angeschlossenen Oszillatorkreis die Hilfsfrequenz und mischt beide zur Zwischenfrequenz. Diese gibt er an die ZF-Filter ab, von denen das ZF-Signal wieder in den Schaltkreis zurückgegeben wird, um verstärkt zu werden. Am Ende dieses integrierten ZF-Verstärkers liegt ein ebenfalls auf die ZF abgestimmter Demodulatorkreis, der im Zusammenwirken mit dem Schaltkreis die Niederfrequenz vom Träger trennt. Dieses wiederum zunächst schwache Signal wird im integrierten NF-Verstärker in der verfügbaren Leistung an einen kleinen Lautsprecher angepaßt. Bild 6 gibt dazu eine Übersicht.

Für all diese Funktionen braucht der Schaltkreis etwa 3 V. Er hält maximal 12 V aus, kann jedoch auf Grund einer internen Stabilisierungsschaltung auch aus einer höheren Spannung (wenigstens 14,3 V) über einen Vorwiderstand gespeist werden. Dabei fließen maximal 50 mA. Der Vorwiderstand muß der maximalen Spannung entsprechend ausgelegt sein. Selbst Bastelexemplare des 283 (Buchstabe R statt A) ließen sich noch sicher mit 2,4 V und überwiegend auch mit 2,2 V betreiben. Erst unterhalb von 2 V setzten die Funktionen aus. Im Datenblatt werden maximal 40 mA für Betrieb bis 12 V, ohne die integrierte Stabilisierung, angegeben. Das ist aber der Höchstwert laut Typenblatt. Bei den meisten Exemplaren liegt er bei oder etwas unter 10 mA, relativ wenig von der Betriebsspannung abhängig. Erst im unteren, vom Hersteller nicht mehr garantierten Bereich wurden zwischen 2,4 und 2 V Werte zwischen 7 und 4 mA gemessen.

Eine besondere Spezialität des A 283 D ist sein Oszillatorteil. In einem der folgenden Abschnitte wird er nochmals beschrieben, da er sich als vielseitig einsetzbar erwies. Eigenentwicklungen von Transistorradios mit Einzeltransistoren hatten mit dem Oszillator meist ihre Probleme: Schwingsicherheit über den gesamten Bereich, saubere Sinuskurve, geeignete Amplitude. All das nimmt der Schaltkreis nun dem Anwender ab. Dabei ergibt sich die auf den ersten Blick verblüffende Feststellung, daß lediglich 1 Anschluß für den Oszillatorkreis gebraucht wird. Alles andere spielt sich im Schaltkreis ab. Die Oszillatorspule kann im einfachsten Fall zwischen den Anschluß 5 und Plus der Betriebsspannung gelegt werden. Für die praktische Gestaltung ist eine Koppelwicklung meist günstiger. Üblicherweise benutzt man dafür etwa 20% der Kreiswindungszahl. Der Resonanzwiderstand des Oszillatorkreises wird dadurch, vom Oszillatoranschluß aus gesehen, auf 1/25 herabgesetzt. Diese Wicklung liegt im Kollektorzweig eines der beiden miteinander gekoppelten Oszillatortransistoren im Schaltkreis (siehe dazu auch Abschnitt 4.). Am Oszillatorkreis läßt sich eine saubere sinusförmige Spannung oszillografieren, deren Spitze-Spitze-Wert von einigen hundert Millivolt über den gesamten Bereich konstant bleibt.

3.2. Typische Einsatzschaltung

Ein vorrangig für einen bestimmten Einsatzfall optimierter Schaltkreis läßt wenig Raum für Eigeninitiative. Er soll ja Arbeit abnehmen. Es gibt inzwischen eine Reihe von Taschenempfängern mit dem A 283 D. Sie verfügen oft noch über einen UKW-Teil. Dafür werden außer einem mit Transistoren aufgebauten Tuner noch ein 10,7-MHz-Piezofilter und Spulenfilter für die gleiche ZF gebraucht. Für dieses Objekt wird nicht nur aus den eingangs genannten Gründen darauf verzichtet (Feldstärkeprobleme beim Mobilbetrieb), sondern auch wegen des für viele Leser schwierigen Tunerselbstbaus. (Allenfalls könnte man einen Fertigtuner einsetzen.)

Fast als eine Mittelwellen-Standardschaltung läßt sich Bild 7 ansehen. Alle bereits erläuterten Elemente und Einzelheiten sind dort wiederzufinden. Eine spezielle Funktion hat Anschluß 7: Wird er mit Masse verbunden, wirkt der entsprechende Schaltungsteil als FM-Demodulator. AM-Mischer und Oszillator arbeiten, und der Demodulator ist auf AM-Betrieb eingestellt, wenn an Anschluß 7 etwa 1,5 V liegen. Die Verbindung über einen Widerstand zwischen Anschluß 1 und Anschluß 7 ergibt zwar eine etwas kleinere Spannung. (An Anschluß 1 stehen ohne Signal rund 1,3 V, mit Signal sogar nur noch etwa 1,2 V laut Messungen am Muster.) Die Bedingung ist damit aber offenbar bereits erfüllt. Mit einem zusätzlichen Widerstand von 47 kΩ von Anschluß 7 nach Plus konnten an der unteren Betriebsspannungsgrenze jedoch 2 Effekte beobachtet werden: Die Schaltung arbeitete dann noch bei etwas kleinerer Spannung, und der Ruhestrom verringerte sich.

4. Hauptpunkt: Induktivitäten

Wer nach Bauplan 68 einen Mini zum Spielen gebracht hat, mußte hauptsächlich bei seiner L-Abstimmung Zeit investieren. Dafür blieb es bei dieser einen Induktivität. Das ist diesmal anders, und das Ergebnis kann sich hören lassen.

4.1. Eingangs- und Oszillatorkreis

Will man einen in seiner Klasse (und mit Amateurmöglichkeiten) vollwertigen Super-Mini

erreichen, muß man sich einem Problem stellen. Es ist viel zu komplex, eine Induktivitätsabstimmung für einen noch dazu möglichst kleinen Überlagerungsempfänger herzustellen. Um einen Drehkondensator führt daher nur 1 Weg: der zum Feststationsempfänger. Das schränkt zwar die in den Abend- und Nachtstunden gegebenen interessanten Fernempfangsmöglichkeiten stark ein. Für die Nutzung vorwiegend am Tage, unterwegs und um den Lieblingssender zu hören, kann es eine sinnvolle Lösung sein. Es wird deshalb noch darauf zurückgegriffen. Für eine solche Variante spricht in vielen Gegenden, daß ohnehin oft nur 1 Sender mit für alle Umgebungsbedingungen ausreichender Feldstärke vorhanden ist.

4.1.1. Abstimmfragen

Zwischen etwa 525 und 1625 kHz liegen die Sender der Mittelwelle. Zwischen 980 und 2080 kHz muß darum bei einer Zwischenfrequenz von 455 kHz der Oszillatorkreis abgestimmt werden können. Den Kehrwerten der Quadrate dieser Frequenzverhältnisse entsprechend müssen sich die Kondensatoren der beiden Schwingkreise variieren lassen. Das ergibt sich aus der bekannten Schwingkreisgleichung von Thomson:
$f^2 = 1/(4\pi^2 LC)$. Mit f_e für die Eingangs- und f_o für die Oszillatorfrequenz erhält man $f_{emax}/f_{emin} = 1625/525 = 3{,}095$ und $f_{omax}/f_{omin} = 2080/980 = 2{,}12$. Das bedeutet eine C-Variation von 9,57 für den Eingangs- und von rund 4,5 für den Oszillatorkreis. Vor allem für reine Mittelwellenempfänger wurden daher in der Vergangenheit spezielle Kleindrehkondensatoren hergestellt, die bereits diesem unterschiedlichen Verhältnis entsprechend ausgelegt sind. Für sie heißt es »nur« noch: Größtwert und Kleinstwert beider Pakete ermitteln und aus der umgestellten Thomson-Gleichung das für Mittelwelle erforderliche L berechnen: $L = 1/(4\pi^2 f^2 C)$. Dann wird die für das vorhandene Spulenmaterial gültige Windungszahl berechnet. Doch dazu später.

Es gibt aber auch Drehkondensatoren mit gleichen Paketen. Dann läßt sich der Oszillatorteil mit Serien- und Parallelkondensator anpassen (Bild 8). Ein Parallelkondensator engt den Bereich ein. Beispiel: 20 bis 200 pF bedeuten 1:10; (20 + 20 pF) bis (200 + 20 pF) aber nur noch 1:5,5. Mit einem Serienkondensator wird die Gesamtkapazität herabgesetzt. Beispiel: 220 pF in Serie zu 220 pF ergeben 110 pF, 220 pF in Serie zu 40 pF ergeben 33,9 pF; der neue Hub beträgt also nur noch 3,25. Mit solchen Maßnahmen ist eine Anpassung an alle gegebenen Verhältnisse möglich; Voraussetzung: Man kennt die Daten nicht nur des Drehkondensators allein, sondern auch die baubedingte Schaltkapazität im Gesamtaufbau!

Diese Maßnahmen ergeben eine bestimmte Kurve für C über dem Drehwinkel. Damit die dadurch abgestimmten Werte von Eingangs- und Oszillatorfrequenz über den gesamten Bereich hinweg möglichst immer genau die ZF als Differenz ergeben (man spricht von »Gleichlauf«), müssen Reihen- und Parallel-C nach bestimmten Gesichtspunkten dimensioniert werden. Das läßt sich bequem mit einem entsprechenden Programm am Computer erledigen. Darauf soll nicht näher eingegangen werden. Der Gleichlauffehler sollte möglichst überall so klein bleiben, daß der Eingangskreis den gewünschten Sender mit möglichst kleiner Dämpfung passieren läßt. Praktisch werden dazu meist an 3 Punkten des Abstimmbereichs die Gleichlauffehler zu Null (»Dreipunktabgleich«). Genauer Abgleich auf jeden Sender ist z. B. beim Festfrequenz-Mini nach Abschnitt 7. möglich!

Im ganzen verbergen sich hinter dem zunächst übersichtlich erscheinenden Schwingkreisgebilde komplexe Zusammenhänge. Auch dazu findet der Leser Näheres im bereits genannten »Handbuch Amateurfunk«, 5. Auflage 1978, ab Seite 74.

4.1.2. Kompromisse

Nun hat ein Drehkondensator weder absolut gleiche Anfangs- und Endwerte (bei gleichen Nennkapazitäten beider Pakete), noch gibt es absoluten Gleichlauf über den gesamten Drehwinkel. Die Anfangswerte lassen sich durch abgleichbare Hilfskondensatoren (»Trimmer«) – oft schon am Drehkondensator angebaut – annähern. Die Wirkung der Endwertunterschiede wird durch den Induktivitätsabgleich am unteren Frequenzende verringert. Die verbleibenden Gleichlauffehler des Drehkondensators in der Schaltung machen sich um so stärker in unterschiedlicher Empfindlichkeit bemerkbar, je höher die Güte des Eingangskreises ist. In diesem Sinne wirkt also ein gewisses Maß an Verlusten positiv, da die Kreise breitbandiger werden. Den Rest bewirken die ausgezeichneten internen Regelmaßnahmen des Schaltkreises. Ein Blick ins Datenblatt beweist es: Mindestens 30 mV NF-Spannung am Demodulatorausgang werden zugesichert, wenn die entsprechend modulierte Eingangsspannung zwischen 16 und 26 μV liegt, und höchstens 200 mV Ausgangsspannung entstehen bei 180 bis 220 mV Eingangsspannung. Solche Werte treten nur nahe am Sender auf.

Bedenkt man all diese im Bauplanrahmen relativ konzentriert wiedergegebenen Informationen, so wird klar, warum sich mit einem solchen Schaltkreis auch ohne extreme Genauigkeitsansprüche an die Abstimmelemente und damit den meist bescheidenen Meßmöglichkeiten des Amateurs entsprechend noch sehr zufriedenstellende Ergebnisse erreichen lassen.

4.1.3. C-Bestimmung

Die Suche nach einem geeigneten Drehkondensator beginnt in der Bastelkiste, weitet sich gegebenenfalls auf defekte Oldtimer-Taschenradios aus und endet im Fachhandel. Das entspricht der Reihenfolge in der Erfolgswahrscheinlichkeit zum Manuskriptzeitpunkt. Doch es dürfte auch örtlich unterschiedlich sein. Geeignet sind also eigentlich alle 2fachen Foliedrehkondensatoren möglichst kleiner Dimensionen.

Nach erfolgreicher Suche beginnt die Wertebestimmung. Dafür wurde im Bauplan 69 aus anderem Anlaß Vorarbeit geleistet. Der dort empfohlene Generator für die C-Meßbrücke mit einem Hall-Schaltkreis ist jedoch nur eine von vielen Möglichkeiten. Geeignet sind beliebige Sinusgeneratoren (wegen des dann sauberen Minimums) im Tonfrequenzbereich. Sie müssen nur der Belastung durch das Meßpotentiometer gewachsen sein. Die diesmal interessierenden Kondensatoren sind dagegen für Tonfrequenz sehr hochohmig. Das wiederum ergibt im interessierenden Bereich ziemlich kleine Signalspannungen an der Brückendiagonale. Doch wir haben den A 283 D mit seinem empfindlichen NF-Verstärker! Entweder man hat in Form des Basteltyps R 283 D so preisgünstig eingekauft, daß es gleich mehrere sind – dann darf gelötet werden. Oder man war sparsam – dann benötigt man nun eine 16polige IS-Fassung. Wie auch immer – gemessen wird im Sinne von Bild 9.

Die Übersichtsdarstellung nach Bild 9a gibt zunächst die allgemeinste Form der Messung wieder. Wer also z. B. einen Tongenerator am Meßplatz hat, speist die nur gelegentlich benötigte Brücke aus diesem Hilfsmittel. Die Brücke braucht dann nur aus dem in der Bauform möglichst großen linearen Potentiometer mit einem Gesamtwiderstand um 1 kΩ zu bestehen und aus Lötanschlüssen für Vergleichs- und unbekannten Kondensator. Allerdings sollte das Potentiometer einen Zeigerknopf über einer Skale tragen. Diese wiederum muß nicht unbedingt universell geeicht werden. Es geht nur um Kapazitäten von etwa 10 bis höchstens 500 pF. Die kleinsten Werte sind für die Messung die kritischsten. Darum achte man auf kapazitätsarmen Aufbau. Am besten Lötstützpunkte verwenden. Für den interessierenden Bereich soll-

ten genügend fein gestuft Vergleichskondensatoren möglichst enger Toleranzen vorhanden sein. Wählt man z. B. 100 pF als festen Vergleichswert, können mit diesen Eichkondensatoren Skalenpunkte markiert werden. Bei 100 pF sollte das Potentiometer etwa Mittelstellung einnehmen, dann sind die Streukapazitäten klein bzw. etwa gleich auf beiden Seiten. Gesucht wird das Minimum der Lautstärke. Um den gefundenen Punkt pendelt man dann etwas nach links und rechts, bis der Ton wieder hörbar wird. Das verbessert die Treffsicherheit.

Wird der A 283 D als Brückenverstärker benutzt, kann die Gesamtschaltung etwa so aussehen wie in Bild 9b. Bei Einsatz eines hochohmigen Kopfhörers (z. B. 2 kΩ) und ruhiger Umgebung kommt man aber sogar ohne Verstärker aus.

4.1.4. Der Schaltkreis hilft sich selbst

Der abschließende Schritt war logisch (Bild 10). Steht ein 2. preisgünstiger R 283 D zur Verfügung, kann man ihn gleich als Sinusgenerator verwenden. Allerdings wird eine 2. Spannungsquelle gebraucht, denn es gibt keine gemeinsame Masse. Oder man verzichtet, wie soeben angedeutet, auf den Brückenverstärker und hört mit einem hochohmigen Kopfhörer ab.

Der interne Oszillator des Schaltkreises arbeitet normalerweise, falls auch Langwellenempfang gewünscht wird, bis herab zu etwa 600 kHz. Warum sollte es nicht auch bei 60, 6 oder gar nur 1 bis 2 kHz funktionieren? Es funktioniert – allerdings nicht unbedingt sofort ganz zuverlässig. Das betrifft Anschwingen bei tiefen Frequenzen und Aussetzen bei experimentell bedingten Eingriffen. Gegen Aussetzen hilft der richtige Arbeitspunkt für Anschluß 7, das Anschwingen gewährleistet ein relativ großer Kondensator von Anschluß 7 nach Masse.

Als Induktivität empfiehlt sich ein kleiner Schalenkern; der erreichbare L-Wert schon bei kleinen Windungszahlen genügt, um in Verbindung mit 1 bis 2,2 μF (MKT oder ähnlicher verlustarmer Typ) die gewünschte Frequenz zu erreichen. Es geht nur darum, eine gut hörbare Tonfrequenz zu erzeugen. 120 bis 150 Windungen CuL-Draht mit einem für den vorhandenen Schalenkern geeigneten Durchmesser, z. B. 0,1 bis 0,15 mm, reichen bei A_L-Werten um 200, wenn z. B. 4 bis 5 mH angestrebt werden.

Bei 4,5 V Betriebsspannung ergibt sich eine Wechselspannung mit etwa 1 V Spitze-Spitze. Der Schaltkreis stellt dafür auch gleich noch einen Leistungsverstärker zur Verfügung. Als brauchbarer Abschluß erwies sich ein Stellwiderstand von 100 Ω als sinnvoller Wert. Dennoch sollte man keinen zu kleinen Koppelkondensator verwenden, besonders wenn man bisweilen auch Rechtecke braucht! Dieses kleine Prüfmittel dürfte nämlich für die Amateurpraxis weit über diese Anwendung hinaus als Hilfe zur C-Bestimmung wirksam werden.

Unbedingt nötig ist der Kondensator von 4,7 nF am NF-Eingang des Schaltkreises. Ohne ihn entstehen, besonders in schnell zusammengelöteten Laboraufbauten, auf der sonst sauberen Ausgangsschwingung »HF-Pakete«. Die Wahl zwischen Sinus und Rechteck trifft man durch entsprechende Ansteuerung. Daher ist es sinnvoll, sowohl die Eingangsspannung wie eben auch die Ausgangsspannung über Potentiometer verändern zu können.

Bild 10 faßt alle Informationen zu diesem Generator zusammen: die Innenschaltung »Oszillator« des Schaltkreises in Bild 10a, den NF-Generator selbst in Bild 10b, die ohne 4,7 nF unter bestimmten Einstellbedingungen entstehenden Störfrequenzen auf der Ausgangsspannung und die sauberen Schwingungen (Sinus und Rechteck, je nach Stellung des Eingangspotentiometers) in Bild 10c bis Bild 10f.

Für weitergehenden Einsatz ist es wünschenswert, auch andere Frequenzen einstellen zu können. Da auf Grund der großen erforderlichen Kapazitätswerte Durchstimmen ausscheidet, muß in diesem Fall ein Dreh- oder Tastenschalter eingesetzt werden, mit dem man die gewünschten Festfrequenzen über entsprechende Kondensatoren anwählt.

4.2. ZF-Filter und Spulendaten

Für unseren Super-Mini werden 2 LC-Kreise und 1 (blaues) Piezofilter für 455 kHz gebraucht. Bisweilen erhält man fertige LC-Kreise oder Filterspulen für 455 kHz schon im Handel. Nur sind sie nicht immer eindeutig definiert. In Heft 5/85 und in Heft 2/87 der Zeitschrift »Funkamateur« findet man Übersichten über die bisher produzierten Typen. Bild 11 zeigt einen Größenvergleich zwischen Standard- und Miniaturfilter. Zu letztgenanntem wurde im Handel ein Bausatz mit den Teilen für den Selbstbau von Miniaturfilterspulen für den Frequenzbereich von 50 kHz bis 1,6 MHz (Kernmaterial Manifer 143) angeboten. Er enthielt Spulenkörper, Kernmaterial und Abschirmhauben. Sein A_L-Wert wurde mit 12 angegeben. Nach eigenen Messungen kann man bei voll eingedrehtem Kern mit bis zu 20 rechnen.

Auf den 1. Blick erscheint es nicht gerade einfach, aus diesen Halbzeugen Filterspulen herzustellen. Auch der Autor fabrizierte zunächst einmal Manifer-Bruch beim Versuch, den Manifer-Mantel auf eine Probespule aufzuschieben. Man übt das daher am besten zunächst an einem Leerkörper. Danach muß so gewickelt werden, daß der Draht auf keinen Fall stärker aufträgt, als es der Wickelkörper vorgibt. Alle Drahtenden werden auf der ausgesparten Seite nach unten herausgeführt. Das ist auch die vom darübergeschobenen Manifer-Mantel frei zu haltende Seite.

Als Wickeldraht eignet sich möglichst lötfähiger Kupferlackdraht von 0,1 mm Durchmesser an abwärts. Er sollte aber nicht dünner als nötig sein. Die Anschlußbeine sind scharfkantig, daher Vorsicht beim Festlegen der Drähte. Es darf nur kurz gelötet werden, denn das Körpermaterial ist thermoplastisch. Vorverzinnen der Drahtenden, Säubern der Anschlüsse mit Glashaarpinsel, neutrales Flußmittel und Feinlötkolben sind zu empfehlen.

Man wickelt langsam und konzentriert dicht Windung neben Windung. Dann dürfte es mit dem Wickelraum bei den angegebenen Daten keine Schwierigkeiten geben. Ein Streichholz, mit dem Ende von oben in den Körper geschoben, ein steifes Stück Isolierschlauch oder auch eine wenigstens 20 mm lange M3-Schraube sind geeignete Hilfsmittel, um die kleine Spule sogar frei Hand zu wickeln. Übrigens wird auch die Oszillatorspule auf einen solchen Träger gewickelt. Tabelle 1 gibt die Wickeldaten aller Induktivitäten für den Super-Mini unter diesen Voraussetzungen wieder.

Schwieriger wird es, wenn unbekannte Halbzeuge vorliegen. In solchem Fall sollte man zunächst auch in der Größenordnung der angegebenen Windungszahlen bleiben. Anschließend läßt sich wieder der Schaltkreis als Meßhilfe benutzen. Man setzt die Spule bei etwa voll eingedrehtem Kern einfach als Oszillatorspule ein und lötet einen Festkondensator von 100 pF parallel. Mit einem vorhandenen Mittelwellenempfänger wird nun die Frequenz der entstandenen Oszillatorschwingung gesucht. Meist genügt es dabei schon, den Testaufbau nahe an den Antennenstab des Empfängers zu bringen. Irgendwo auf der Mittelwellenskale muß es einen deutlichen »Dip« im Rauschen bzw. einen Pfeifton geben, wenn zufällig die Frequenz eines Senders getroffen wurde. Findet man nichts, wird der Kondensator in seinem Wert vergrößert, z. B. auf 220 pF. Seltener wird Verkleinern nötig sein.

Die ermittelte Frequenz ist auf Grund der Skalenungenauigkeit nur ein Schätzwert, es sei denn, sie lag gerade über einem Sender bekannter Frequenz. Doch es kommt hier nicht auf das letzte Kilohertz an. Der Frequenzwert wird in die Thomson-Gleichung eingesetzt, ebenso der Wert des Kondensators. Daraus errechnet man L. Mit diesem und der bekannten Windungszahl (schließlich hat man selbst gewickelt) wird der A_L-Wert bestimmt: $A_L = L/w^2$. L setzt man in nH ein (10^{-9} H), da der A_L-Wert üblicherweise in nH/w^2 angegeben wird.

Nun ist es kein Problem mehr, für die gewünschte Zwischenfrequenz bei dem von der Schaltung schon vorgegebenen C-Wert die richtige Windungszahl zu berechnen. Sie sollte etwa 10% größer als nach Rechnung gewählt werden, damit für den Kern in beiden Richtun-

gen Abgleichspielraum bleibt und damit auch Toleranzen der Kapazität abgefangen werden. Im Zweifelsfall (und solange das geht) besser etwas mehr wickeln, Abwickeln ist leichter als Anstückeln!

Hat man – ein typischer Fall in der Amateurpraxis – den geeigneten Drahtdurchmesser nicht vorrätig, so daß L bei gegebenem Wickelraum kleiner wird, muß die Kapazität vergrößert werden. Das ändert allerdings auch die Kreiseigenschaften. Doch wie gesagt – so etwas ist eben Amateurpraxis. Die optimierten Daten von Industrieerzeugnissen erreicht man ohnehin höchst selten.

5. Super-Mini-Varianten

Jedem seinen persönlichen Super-Mini! Diese Zielstellung hat mindestens 3 Gründe:
- örtliches Bauelementespektrum;
- lokale Empfangsverhältnisse;
- gewünschter Hauptverwendungszweck.

Von der Grundschaltung her bleiben die Lösungen praktisch gleich. Es geht also um Ausführungsfragen.

5.1. Variantendiskussion

Trivial ist der 1. der genannten Gründe: Was man nicht bekommt, kann man nicht verwenden. Auswege finden sich manchmal in der Bastelkiste oder, wie schon erwähnt, durch Altgeräte-Recycling.

Die örtlichen Empfangsverhältnisse und die gewünschte Hauptanwendung sind ein wenig miteinander gekoppelt. Wo nur 1 oder 2 starke Mittelwellenstationen einfallen und wo man diese jederzeit und an jedem Ort empfangen möchte, entschärft sich der 1. Punkt gleichzeitig, zumindest bezüglich des Drehkondensators. Bei der Hauptanwendung zielt dieser Bauplan ohnehin auf den »Begleiter in der Tasche« (Brusttasche reicht). Wegen des kleinstmöglichen Volumens, mit Rücksicht auf die Umgebung und letztlich auch im Interesse einer vernünftigen Klangqualität im Rahmen des Mittelwellen-Möglichen wählt man im allgemeinen den Betrieb mit kleinen, leichten Kopfhörern. Sie sind das größte Wertobjekt unseres Vorhabens. Die Bauteile für den Empfänger fallen dagegen kaum ins Gewicht. Den Schaltkreis bekommt man in der R-Ausführung bereits für unter 2 M.

Die Preisfrage bei den Kopfhörern wird entschärft, weil sie nicht nur für unseren »Radio-Walkman« taugen. Für diesen 1. Einsatzzweck sollte man aus Steckergründen den Monotyp wählen. Das ist später kein großer Nachteil, denn lediglich durch Anbau des größeren Stereosteckers mit seinen 3 Kontaktzonen kann man aus dem Monohörerpaar eine Stereoausführung zaubern. Für unseren Super-Mini wäre der Stereostecker infolge seiner Größe in Verbindung mit der auch nicht immer einzeln erhältlichen Buchse eher von Nachteil.

Wie verhält es sich nun mit dieser »Dualität«? Der bereits in Bild 1 abgebildete Kopfhörer DMK85 hat eine Doppelleitung aus jeweils einer dünnen Koaxialleitung für jede Hörkapsel. Bei dieser Monoausführung sind die Innenleiter beider Hörer gemeinsam an den Innenkontakt des Monosteckers gelötet. Bei der Stereoausführung enden sie dagegen an je einem Kontakt. Dadurch lassen sie sich einzeln ansteuern. Gemeinsam bei beiden Ausführungen ist der Außenleiter, der im allgemeinen mit Schaltungsmasse verbunden wird. Man kann allerdings statt des Klinkensteckers auch beispielsweise einen Würfelstecker anschließen, wenn es der Einsatzfall erfordern sollte. Die bei der Monoausführung parallelgeschalteten beiden

Systeme mit einer Impedanz von je 40 Ω (das ist bekanntlich der Wechselstromwiderstand) könnte man, wenn das für die spezielle Schaltung günstiger ist, auch hintereinanderschalten, so daß statt 20 Ω für die treibende Schaltung 80 Ω wirksam werden.

Wer sehr sparsam ist und außerdem Schwester oder Bruder eine Freude machen möchte, kann sich auch einen 2. Monostecker besorgen und sein Hörerpaar auseinandernehmen. Allerdings wird dann auch noch ein 2. Plastbügel gebraucht, aber dafür kann man jedem sein persönliches Exemplar des Super-Mini bauen. Da nun das eine Ohr nicht vom Schall abgeschirmt wird, ergibt sich für die Sicherheit unterwegs ein positiver Effekt. Dafür wird man etwas lauter aufdrehen müssen.

Ein letzter Tip noch: An 40 Ω liefert eine eisenlose Gegentaktendstufe wie dieser Schaltkreis bei nur 3 V Betriebsspannung nicht gerade viel Energie. Viel mehr würde den Ohren auch nicht gut bekommen. Dennoch reicht die Kapsel in ruhiger Umgebung sogar als Miniaturlautsprecher (Baugröße nach dem Herausnehmen aus der »snap-in«-Montagehülle: 10 mm Höhe, 23 mm Durchmesser). Von den tiefen Tönen, die bei direktem Ohrkontakt das Klangbild vorteilhaft abrunden, bleibt bei Einbau in ein kleines Gehäuse allerdings nicht mehr viel übrig – es sei denn, man würde das ganze Gebilde an einem Bügel am Ohr tragen. So etwas gibt es auch!

Unser Gerät belegt, wie wenig Raum in einer modernen Schaltung der aktive Kern nur noch beansprucht. Auch die Filter und die Elektrolytkondensatoren haben heute ziemlich kleine Dimensionen erreicht. Das trifft ebenfalls auf den Drehkondensator zu, wenn er auch immer noch einige Kubikzentimeter Luft »verdrängt«. Viel Raumgewinn bringt es nicht, wenn er durch umschaltbare Festkondensatoren mit zusätzlich erforderlichen Trimmern ersetzt wird. Aber es ist unter bestimmten Bedingungen eine insgesamt brauchbare Lösung.

Eigentlich schließen die Variantenbetrachtungen noch einen 4. Punkt ein. Leider ist die bipolare Struktur des A 283 D nicht gerade stromarm im Betrieb. Auch an der unteren sinnvollen Batteriespannungsgrenze muß man noch mit rund 7 mA rechnen. Wegen der Schaltungsstruktur hängt die Stromaufnahme nur gering von der Betriebsspannung ab. Jedenfalls wird man für einen intensiven »Rundfunktag« mit 100 mAh rechnen müssen. Mit 2 Knopfzellen dieser Kapazität wäre der Betrieb des Super-Mini also ein recht teures Vergnügen.

Vernünftig wird es erst mit den heute allgemein für solche Zwecke benutzten R6-Elementen in Kohle-Zink-Ausführung oder (mit etwa 3- bis 4facher Kapazität und entsprechend höherem Preis) als LR6 in Alkali-Mangan. R6 bedeutet aber nun einmal rund 50 mm Länge bei knapp 14 mm Durchmesser. Und 2 Elemente braucht man schon. Der Super-Mini, nicht allzu laut betrieben, schafft eine solche Bestückung je nach Alter und Qualität bei Kohle-Zink in vielleicht 50 bis 70 Stunden. Mit weniger als 4 Pf ist die Betriebsstunde damit bereits recht preiswert.

Im Testmuster des Bauplan-Super-Mini befindet sich, wie die Fotos belegen, fest eingelötet eine »alternative Energiequelle«. Mancher Amateur wird in seinen Beständen vielleicht noch ein Exemplar dieser vor einigen Jahren auch im Amateurbereich häufig eingesetzten Knopfzellenpaare finden. Diese robuste nachladbare gasdichte Nickel-Kadmium-Batterie aus dem VEB Grubenlampenwerke Zwickau weist eine durchschnittliche Arbeitsspannung von 2,5 V auf. Sie ist nach definierter Entladung auf minimal 1 V je Zelle mit 22,5 mA 14 Stunden lang zu laden. Durchschnittlich 20 Stunden läuft das Mustergerät mit einer solchen Ladung. Bei etwa 2 V setzt der Oszillator aus, und das ist dann genau der richtige Punkt zum Laden. Damit auch diese Bestückungsmöglichkeit (und ein noch folgender NK-Einsatztip) »rund« wird, enthält der vorliegende Bauplan ein praktisches NK-Ladegerät für solche Zellen in Verbindung mit dem Einsatz in Kassetten-Abspielgeräten. Ein einfaches Netzteil gestattet es, damit 4 Zellen in Reihenschaltung zu laden. Doch zunächst zurück zu den Bau- und Volumenüberlegungen.

5.2. Grenzen der Miniaturisierung

Hochfrequenz hat ihre eigenen Gesetze, und sie unterscheiden sich in der Wirkung auch noch innerhalb des großen Bereichs dieser elektromagnetischen Wellen. Einst kannte man den Spruch »Hochfrequenz ist keine Klingelleitung«. Einiges von dieser Wahrheit haben die Leser von Bauplan 68 beim Erproben jener Schaltung schon erfahren. In Abschnitt 2. und Abschnitt 3. wurden ebenfalls bereits einige Effekte angesprochen. In dieser Hinsicht gibt es eine klare Aussage zum Volumen: Je kleiner das Ergebnis, um so weniger an Empfangsleistung ist (ohne Hilfsantenne) zu erwarten. Die sogenannte effektive Antennenhöhe eines Manifer-Antennenstabs (oft auch »Ferritstab« genannt) ist bescheiden. Je kürzer der Stab und je geringer sein Querschnitt, um so weniger Energie nimmt der Eingangskreis auf. Daher wird von Funkamateuren z.B. bei Einsatz des A283D im Kurzwellenbereich mit HF-Vorstufe gearbeitet. (Siehe z.B. Zeitschrift »Funkamateur«, Heft 8/1983, Seite 399 bis 400). Auf Grund der höheren Feldstärken »empfangswürdiger« Mittelwellensender muß das für unseren Mini nicht sein. Es würde auch mehr Erfahrung erfordern. Doch mit dem Grundrauschen beim Empfang schwächerer Sender hat man zu leben. Was schließlich anfangs als Positivum des Ferritstabs galt, nämlich seine Peilwirkung, ist für einen in der Tasche getragenen Empfänger auch nicht unbedingt von Vorteil. Es kommt heute wohl kaum noch vor, daß ein solcher Überlagerungsempfänger Probleme mit 2 benachbarten starken Stationen hat, von denen man die gewünschte durch entsprechende Lage des Geräts bevorzugt. Wäre es nicht etwas übertrieben und wohl auch im Volumen nicht ohne weiteres unterzubringen, müßte man 2 Stabstücken über Kreuz anordnen, damit sich eine Art Rundcharakteristik ergibt. Das ist schließlich auch einer der Gründe, weshalb der Super-Mini unterwegs nur auf starke Stationen eingestellt werden sollte. Bei ihnen reichen die Regelreserven des Schaltkreises bei der sich oft ändernden Relativlage zum Sender meist aus. Eine auf die Größe von 2 Streichholzschachteln zusammengedrängte Schaltung verhält sich in der Hand oder am Körper nicht gerade neutral. Der Mensch als Kapazität und Antenne, bei Hautkontakt auch noch als Widerstand und vielleicht als Spannungsquelle für Hochspannungsfunken verträgt sich nicht besonders gut mit einer empfindlichen Hochfrequenzschaltung.

Je höher die eingestellte Frequenz, um so geringer die Kreiskapazität. An der ungeschützten Leiterplatte kann man dadurch gewissermaßen »von Hand« abstimmen, wenn die Hand oder auch nur ein Finger etwa dem Oszillatorkreis zu nahe kommt oder wenn man die Stabwicklung berührt. Ein Gehäuse um unseren Winzling hat darum nicht nur die Doppelfunktion zu schützen und handlichen Umgang zu erlauben. Es muß auch solche Verstimmungseffekte verhindern. Dazu gibt es 2 Wege: Entweder die Außenwände haben genügend Abstand zu solchen empfindlichen Stellen – dann wird das Gehäuse aber wieder größer. Oder es werden Schirme zwischen Mensch und Schaltung errichtet. Kupferkaschiertes Glasfaser-Epoxidharz-Halbzeug (Cevausit) bietet sich darum als Gehäusewerkstoff an.

Die Kehrseite der Medaille besteht darin: Zwar wird der Empfänger beim Umgang stabiles Verhalten zeigen, aber im Extremfall ist kaum noch mehr als der Ortssender zu hören. Das tritt ein, wenn ein allseitig geschlossenes metallisches Gehäuse gebaut wurde. Ein solcher Schirm schützt nicht nur vor Handkapazitäten, er bildet eine Kurzschlußwindung um den Ferritstab. Aber auch nach Unterbrechung dieser Windung wird es noch nicht entscheidend besser. Das liegt an den Verlusten, die eine Metallfläche in unmittelbarer Nähe einer Spule wie etwa der Ferritstabwicklung bei Hochfrequenz verursacht. (Das ist indirekt auch der Wirkmechanismus einer für HF wirksamen Abschirmung.) Schon die Filterbecher stellen einen Kompromiß zwischen erforderlicher Schirmung und Dämpfung der Spule dar. Wenigstens der halbe Spulendurchmesser soll nach einer alten Regel zwischen Spulenoberfläche und Filterhaube als Abstand eingehalten werden.

Beim Super-Mini kann diese Richtlinie beim Ferritstab nur durch einen anderen Kompromiß angenähert werden: Man schält (am besten vor dem Zusammenlöten) von allen Platten die zur Wicklung benachbarten Kupferflächen ab. Damit entsteht aber eben wieder ein »Durchgriff« für externe Handkapazitäten.

In der Summe all dieser Einflüsse ergibt sich: Die Minimalversionen des Super-Mini stellen mehr oder weniger Orts- bzw. Bezirkssenderempfänger dar, aber eben in einem so handlichen Format, daß sich daraus ihre Existenzberechtigung ergibt. Das rechtfertigt die Arbeit, die man dafür aufwendet. Darum nun zum »Leitmuster« dieses Bauplans.

6. Super-Mini mit Drehkondensator

Ausgangspunkte für die Konzeption zum vorliegenden Bauplan waren der Stromlaufplan nach Bild 7 (im Oszillatorteil je nach Drehkondensatortyp kapazitiv modifiziert) und ein ursprünglich schon für das Bauplan-Bastel-Buch 3 entworfener Empfängerbaustein im Bauplanformat von 40 mm × 50 mm. Bild 12 zeigt seine Leiterplatte. Es gab jedoch Gründe dafür, dieses Projekt damals (noch) nicht weiterzuführen. Empfängerprojekte haben ihre eigene Dynamik. Das in Bild 12 wiedergegebene Leiterbild wurde also nun in der für Handmuster üblichen direkten Art mit ätzfestem Lack auf eine Halbzeugplatte übertragen und geätzt. Dann galt es, die Hemmschwelle des Spulenwickelns zu überwinden. Darüber wurde in Abschnitt 4. schon kurz berichtet. Der dort bereits erwähnte Spulenbausatz nach Bild 13 half dabei.

Nur mit diesen kleinen Spulen war es möglich, die angestrebte Kompaktlösung zu erreichen. Ein ebenfalls aus älteren Beständen stammender Foliedrehkondensator (Import aus der UdSSR) erwies sich als relativ volumengünstig. Die Platte wurde also bestückt und vorsichtshalber mit einer 16poligen Schaltkreisfassung versehen. Dann wurde eine 3-V-Batterie mit Begrenzungswiderstand und Strommesser angeschlossen. Da nur knapp 10 mA gemessen wurden, konnte es ernst werden. Und was in der Praxis der Entwicklung von Bauplanobjekten nur ganz selten auftritt: Beim Durchdrehen des Drehkondensators wurden sofort einige Sender hörbar. Und nicht nur das – sogar der Abstimmbereich erwies sich als ziemlich genau der Mittelwelle entsprechend. Den Vergleich lieferte ein Kofferempfänger im wechselseitigen Nachweis der Oszillatorfrequenzen als Überlagerungstöne mit einfallenden Sendern. (Man vergleiche die vorangegangenen Informationen zum Empfängerprinzip.)

Allerdings gab es einige »Feinwirkungen«, auf die zu reagieren war. Das betraf Erscheinungen bei der Wiedergabe und Gleichlauffragen. Letztgenannte waren mit etwas Fingerspitzengefühl und eigentlich richtig erst am endgültig aufgebauten und damit genügend stabilen Endprodukt zufriedenstellend zu lösen. Die unbefriedigenden Effekte bei der Wiedergabe betrafen zum einen Durchschlagen von Stationen anderer Bereiche über die Koppelwicklung in den Empfänger besonders an den Empfangsflanken der Nutzsender. Zum anderen standen nur Bastelexemplare des 283 zur Verfügung (R283D statt A283D). Sie rauschen leider merklich. Da jedoch im Mittelwellenbereich ohnehin mit höheren Nutzfrequenzen nicht gerechnet werden kann, wurden im Wert entsprechend größer dimensionierte Kondensatoren im NF-Weg vorgesehen. Die Störfestigkeit am Eingang ließ sich ebenfalls mit einem Kondensator entscheidend verbessern. Er wurde einfach parallel zur Koppelwicklung an die Schaltkreisanschlüsse 6 und 7 gelegt.

Im Wechselspiel mit den verfügbaren Komponenten und deren Abmessungen entstand nach dieser Optimierung ein Kompaktgerät. Dabei erwies es sich als vorteilhaft, daß bei Herstellung der Leiterplatte eine größere Leerfläche reserviert worden war. Sie erleichterte die Montage von Drehkondensator, Batterie, Hörerbuchse und Schalter.

Schalter und Lautstärkesteller ordnen sich dem Gesamtaufbau unter: Die Batterie wird mit einem einzelnen DIP-Schalter ein- und ausgeschaltet. Das stellt bei den kleinen Betriebsströmen eine zulässige, wenn auch nicht ganz billige Wahl dar. Statt dessen kann man durchaus auch mit einem Stück Federblech und Drahtbügeln einen Eigenbau einsetzen, der – ähnlich wie in Bauplan 68 – direkt auf die Leiterseite gelötet wird.

Die Lautstärke wird über ein Stellpotentiometer der Baugröße 1 gewählt. Da man nun aber nicht ständig mit einem Schraubendreher hantieren möchte, mußte es einen der Gerätegröße angepaßten Drehknopf erhalten. Das gleiche Problem ergab sich auch für den Drehkondensator. Bild 14 zeigt die Lösung beider Aufgaben mit flachen Tubenverschlüssen. Für den Drehkondensator sollte, wenn vorhanden, ein Knopf mit größerem Durchmesser verwendet werden. Man kann auch aus einem Stück Plastplattenmaterial eine Scheibe aussägen.

Für den Tubenknopf erwies sich eine Distanzrolle von 4,5 mm Höhe als optimal. Sie wurde mit Suralin in den Knopf eingebettet. Aus Bild 15 geht die Relativlage des Knopfes zum Gehäuse hervor. Während dieser Knopf mit einer M2-Schraube befestigt wird – auf Grund der Materialelastizität genügt es, die Schraube fest anzuziehen –, braucht der Stellwiderstand zunächst eine Art Achse. Ein U-förmig gebogenes Stück Schaltdraht von 0,7 bis 0,8 mm Durchmesser wird dazu gemäß Bild 16 in den Schlitz des Schleifers gelötet. Das Zinn sollte noch etwas höher gezogen werden, damit die Kraftübertragung stabiler wird. Mit demselben Draht, der mit dem Lötkolben erwärmt wird, bringt man im Knopf 2 Löcher an. In diese passen sich die beiden Drahtenden der »Achse« ein, wenn man den Verschluß auf das Potentiometer steckt (siehe Bild 16). Im Gehäuse finden beide Knöpfe mit ihren Kragen in passend aufgebohrten Löchern eine gute Führung, wie schon aus Bild 15 erkennbar. Sie zentrieren damit bereits den Empfängerbaustein im Gehäuse. Außerdem empfiehlt es sich, z. B. mit einem in die Massefläche in Randnähe in die Leiterplatte eingelöteten Draht den Baustein so zu fixieren, daß er sich nicht bewegen kann. Es kommt sonst besonders im oberen Abstimmbereich bei Lageänderung zu Verstimmungen.

Bild 17 zeigt die Gehäuseteile unter den beschriebenen Bedingungen einschließlich der freizuschälenden Flächen. Die Innenseite des Gehäuses wird mit Klebefolie isoliert. Spitz zulaufende Lötstellen auf der Leiterplatte sind vorsichtig mit einer Feile zu glätten. Danach werden die Rückstände zwischen den Leiterbahnen vollständig entfernt, um Kurzschlüsse zu vermeiden.

Die Leiterplatte des ursprünglichen Bausteins wurde für dieses Muster durch Auftrennen einiger Leiterzüge, mit Drahtbrücken und durch Umsetzen von Bauelementen so verändert, daß das in Bild 18 gezeigte Ergebnis zustande kam. Darin ist auch ein für den praktischen Umgang nützliches Detail zu erkennen, für das sich auf Grund der Anordnung der volumenbestimmenden Teile entsprechender Platz anbot: Der Hörerstecker verschwindet vollständig im Gehäuse, stört damit nicht und sitzt auf diese Weise auch recht zuverlässig. Dazu wurde die Buchse von der Steckseite weg ins Gehäuseinnere verlagert. Die Bohrung dafür liegt auf derselben Seite wie die für den Potentiometerknopf und für den Schalter. Durch diese Maßnahme tragen nur 2 der 6 Wandelemente Durchbrüche. Die Rückwand kann gemäß Bild 19 mit angelöteten Messingblechwinkeln versehen werden. Sie paßt sich dann im Klemmsitz dem Gehäuse an.

Eine in diesem Muster noch nicht realisierte Einzelheit betrifft das Aufladen der Knopfzellen über den Kopfhörerstecker. Im Mustergerät wird nämlich wegen der Schalterlage die Minusleitung geschaltet. Für die Maßnahme nach Bild 20 muß das umgestellt werden.

Insgesamt leitet sich aus dem Muster eine auf diese Konstellation hin optimierte Leiterplatte ab. Sie ist in Bild 21 wiedergegeben und enthält auch die weiter vorn angesprochenen speziellen Maßnahmen (Serien-C für Oszillator-Drehkondensator bei gleichen Plattenpaketen, 82 pF zwischen Anschluß 6 und 7).

7. Festfrequenz-Mini

Auf der Fläche, die sonst der Drehkondensator beansprucht, lassen sich z. B. 4 Trimmkondensatoren und 1 Simeto-Schalter unterbringen. Bild 22a zeigt, wie auf diese Weise in Verbindung mit jeweils einem »Grund-C« für Oszillator- und Eingangskreis ein auf 2 Stationen einstellbarer Empfänger entsteht. Es ist sinnvoll, beide Einstellungen voneinander unabhängig auszulegen. Dadurch können auch beide ohne gegenseitige Beeinflussung abgestimmt werden. Abstimmen auf einen anderen Sender bei Ortswechsel ist dann ebenfalls einfacher.

Bei gleichen Spulendaten wie für das durchstimmbare Gerät und mit Scheibentrimmern »10/40«, einem bisher gängigen Typ für 10 pF Anfangs- und 40 pF Endkapazität, wird man für eine Station am oberen Bereichsende mit diesen allein auskommen. Für einen am tiefen Ende liegenden Sender wird ein Fest-C von etwa 180 bis höchstens 220 pF im Eingangskreis erforderlich und ein Fest-C von etwa 100 bis 120 pF beim Oszillator.

8. Lautsprecher-Mini

Mit dem Empfängerbaustein als »Kern« und einem beliebigen Kleinlautsprecher, am besten ab 8 Ω aufwärts, sowie bei Bedarf auch mit höherer Betriebsspannung (bis 9 V) läßt sich der Mini zum »Minimax« aufwerten. Schon eine passive Lautsprecherbox, an die Kopfhörerbuchse angeschlossen, vermag zu Hause ein völlig neues Klangerlebnis zu vermitteln – immer im Rahmen des bei Mittelwelle Erreichbaren.

Das untere Extrem der Lautsprecherwiedergabe (über eine einzelne Hörerkapsel, als Lautsprecher eingebaut) wurde bereits erwähnt. Bild 22b zeigt diese Kapsel im Größenvergleich mit dem Empfängerschaltkreis.

Eine Volumenerweiterung sollte möglichst auch für einen größeren Antennenstab genutzt werden. Die dabei günstigeren Verhältnisse bezüglich der Dämpfung und der Kapazitätseinflüsse wirken sich positiv auf die Empfangseigenschaften aus. Der Leser wird staunen, was das vor allem abends bringt!

Eine abends und nachts besonders im oberen Teil der Mittelwelle deutliche Verbesserung der Empfangseigenschaften ergibt sich beim vorsichtigen Einkoppeln einer Hilfsantenne. »Vorsichtig« heißt mit kleiner Kapazität, sonst engt die Antennenkapazität den Abstimmbereich nach oben hin unerwünscht ein. Solche Maßnahmen führen zudem deutlich aus dem Rauschpegel heraus, der schwächere Stationen störend begleitet. Damit wird selbst der Ortssender-Mini abends zum Wellenreiter für Fernempfang. Im Mustergerät ließ sich eine Antenne auf die folgende einfache Art ankoppeln: Die Metallflächen des Gehäuses wurden nicht mit Schaltungsmasse verbunden. Dadurch genügte der Anschluß einer kleinen Antenne bereits an das Gehäuse, um die erforderliche Antennenenergie für Fernempfang in den Eingangskreis einzukoppeln.

9. Inbetriebnahme und Abgleich

Mit den üblichen Vorsichtsmaßnahmen wird das Gerät erstmals in Betrieb genommen. Das heißt: Sichtkontrolle, Überprüfung auf Kurzschlüsse (z. B. durch strombegrenzte Einspeisung über 220 Ω Serienwiderstand aus 4,5 V, wobei am Gerät noch etwa 2 V erscheinen müssen), dann direkter Anschluß der Batterie. Reaktion im Hörer oder Lautsprecher beachten, wenn abgestimmt wird. (Auch Festfrequenzvarianten darum zunächst mit einem Drehkondensator testen.)

Liegt kein Fehler vor, wird man bereits den Ortssender empfangen können. In diesem Fall gleicht man zunächst beide LC-ZF-Kreise an ihren Kernen auf größte Lautstärke ab. Dann werden andere Sender gesucht. Man stellt die unterste mögliche Station ein; gegebenenfalls wird die Oszillatorspule entsprechend korrigiert: Kern herausdrehen, wenn dieser Sender zu weit vom unteren Bereichsende entfernt erscheint; hineindrehen, wenn er ihm zu nahe liegt. Nun Antennenkreisspule durch Verschieben, falls Wicklung dafür vorgesehen, oder durch Ab- bzw. Zuwickeln einiger Windungen nachgleichen. Dadurch muß dieser untere Sender optimal empfangen werden. Vor Kontrolle aber Hände weg von der Wicklung, damit weder Handkapazität noch Antennenwirkung des Körpers das Ergebnis fälschen!

Anschließend wird der letzte am oberen Bereichsende interessierende Sender gesucht. Je nach dessen Lage zum Bereichsende wird mit dem Trimmkondensator im Oszillatorkreis korrigiert. Bei vom Oszillator her eingestellter Station wird danach am Trimmkondensator des Eingangskreises auf größte Lautstärke gestellt. Nun geht man wieder zum untersten Sender und korrigiert gegebenenfalls an den Induktivitäten auf optimales Ergebnis: am Oszillator diesmal nur noch, wenn sich die Lage wesentlich verschoben hat, am Eingangskreis für größte Lautstärke. Die Stabwicklung wird festgelegt, überflüssiger Draht abgeschnitten. Abschließend wiederholt man am oberen Bereichsende die dort zutreffenden Handlungen.

Auf Grund des Piezofilters im ZF-Teil und der hohen Gesamtverstärkung müßten die ZF-Kreise relativ leicht abzustimmen sein. In schlechten Empfangslagen kann aber anfangs auch das Ortssendersignal zu schwach sein. In solchem Fall empfiehlt sich ein ZF-Prüfgenerator. Relativ einfache Lösungen, die mit einem Piezofilter bestückt sind und damit bereits die richtige Frequenz liefern, findet der Leser im 1989 im Militärverlag der DDR erschienenen Bauplan-Bastel-Buch 3. Bild 23 zeigt eine solche Schaltung. Gegenüber einer anderen Variante, die auf der Basis des in Bauplan 68 benutzten Prinzips mit einem R283D arbeitet, kommt man mit 2 bis 3V Betriebsspannung aus. Dieses Prüfmittel kann also klein und handlich gestaltet werden. Für den Abgleich braucht man einen mittel- bis hochohmigen Kopfhörer (ab 400Ω aufwärts). Oder man benutzt den NF-Teil des A bzw. R283D. Der Stellwiderstand R_T in Bild 23 wird von seinem Maximalwert aus so weit verringert, daß man einen NF-Ton hört. Das bedeutet, daß die vom Piezofilter im Rückkopplungszweig des Transistors erzeugte ZF-Schwingung periodisch unterbrochen wird. Bei kleinen R_T-Werten wird der NF-Ton sogar sinusähnlich. Die beste Einstellung hängt von der Betriebsspannung ab. Mit diesem Prüfmittel können also sowohl NF- wie AM-ZF-Verstärker »durchgeklingelt« werden. Man sollte immer nur so viel einkoppeln, wie erforderlich ist, am besten über einen Vorwiderstand. Für den ZF-Abgleich beginnt man am Anschluß 2 des Schaltkreises (Demodulatorkreisabstimmung), danach wird an Anschluß 5 in das 1. LC-Filter eingespeist.

10. Einsatz von NK-Akkumulatoren

Zur Abrundung der Informationen zur optimalen Nutzung von Minis für unterwegs soll im folgenden noch etwas näher auf die mit der Speisung aus wiederaufladbaren Spannungsquellen auftretenden Fragen eingegangen werden.

10.1. Einsatzfall

NK-Akkumulatoren der Bauform R6 wurden u. a. im Zusammenhang mit Original-Walkmen importiert und waren damit vielerorts erhältlich. International ist diese Bauform weit verbreitet (»Mignon-Zelle«). Auch im ersten Stereo-Kassettenabspielgerät aus Inlandsproduktion,

dem LCS1010 aus dem VEB Elektronik Gera, bietet der Einsatz solcher Energieträger eine vorteilhafte Alternative zu Primärelementen. Auf Grund ihrer langen Lebensdauer kann vorausgesetzt werden, daß solche Akkumulatoren auch derzeit nicht »unerreichbar« sind. Am LCS aufgenommene Werte der Stromaufnahme (Normalbetrieb 80mA, Umspulen sogar nur 30mA) bestätigen die positiven Einsatzerfahrungen. Dabei wurden sogar Exemplare benutzt, die davor mehr als 1 Jahr ohne Wartung gewesen waren. Nach definiertem Laden ergaben sich Betriebszeiten von rund 5 Stunden für den einen und immerhin noch 3 Stunden für den anderen Set.

10.2. Randbedingungen

Gasdichte Nickel-Kadmium-Akkumulatoren sind bekanntlich ziemlich anspruchslose, langlebige Energieträger. Unterschiedliche Herstellungsverfahren bedingen differenzierte Handhabung, was Entlade- und Ladedaten betrifft. Im Einsatztemperaturbereich und mit weiteren definierten Randbedingungen aufgenommene Kennlinien lassen erkennen, daß besonders das Reagieren auf eine bestimmte Ladespannung eine umstrittene Methode ist. Daher findet man auf vielen Erzeugnissen Herstellervorschriften zum optimalen Laden. Weitere Angaben beziehen sich auf die zulässigen Entladebedingungen. So gibt es Typen, die mit größeren Strömen über entsprechend kürzere Zeit entladen werden dürfen (»Starkentladetypen«) und solche (meist identisch mit den erstgenannten), bei denen auch höhere Ladeströme zugelassen sind (Schnell-Ladung). Die 1. Eigenschaft bedeutet jedoch nicht unbedingt, daß auch die 2. gegeben ist. Der »klassische« gasdichte Nickel-Kadmium-Akkumulator ist mit einem Strom zu laden, der zahlenmäßig 10% seiner Nennkapazität entspricht (weniger ist erlaubt, dann dauert das Laden länger). Dieser »I10« hat also für einen 100-mAh-Typ den Wert 10mA. Beim Laden wird der deutlich unter 1 liegende Wirkungsgrad durch eine entsprechend längere Ladezeit berücksichtigt. Meist werden 14 Stunden angegeben, bisweilen auch bis zu 16 Stunden. Annehmbare zulässige Entladeströme liegen meist beim Wert I5, was 5-Stunden-Betrieb mit 2 × I10 heißt. Für die im folgenden vorrangig betrachteten Typen der Bauform R6 (500mAh) sind das also 100mA.

Soll ein Akkumulator nach der genannten Vorschrift zeitbegrenzt und mit konstantem Strom geladen werden, sollte er zu Beginn auch tatsächlich entladen sein. Die Vorgabe, beim Entladen die Grenzspannung von 1V nicht zu unterschreiten, muß in 2facher Hinsicht beachtet werden. Im Einsatzfall Walkman merkt der Nutzer ziemlich deutlich, wann es soweit ist, und schaltet ab. In anderem Zusammenhang kann entsprechend dem vorhandenen Platzangebot im Gerät eine Spannungsüberwachung gute Dienste leisten, die entweder (nur) ein Ende-Signal erzeugt oder (außerdem) den Stromkreis unterbricht. Solche Hilfsschaltungen sind schaltungstechnisch wie in der praktischen Gestaltung dem jeweiligen Gerät anzupassen und bleiben in diesem Bauplan ausgeklammert.

Ein derart entladener Set von NK-Akkumulatoren – im Beispiel LCS1010 also 4 Stück – kann als Batterie in Serienschaltung wieder aufgeladen werden. Zum definierten Einstellen der Startbedingungen dafür ist jedoch eine Einzel-Restentladung günstig. Der Grund liegt darin, daß Exemplarunterschiede stets auch voneinander abweichende Restkapazitäten bedingen. In sehr ungünstigen Fällen und wenn das damit betriebene Gerät so lange arbeitet, kann der von den Exemplaren größerer Kapazität gelieferte Strom die schlechteste Zelle mit umgekehrter Polarität laden. Das ist dann mehr als Tiefentladung, und man sollte dieses Exemplar nicht mehr im Batterieverband einsetzen. Besonders der Amateur wird häufiger mit Produkten nicht nur einer Charge zu tun haben. Ihm bleibt dann meist nur übrig, ein anderes Exemplar ebenfalls oft nicht erkennbaren Herstellungsdatums und unbekannter »Vorge-

schichte« einzusetzen. Auf jeden Fall wird ein Aussteiger zum einen schon durch kürzere Set-Nutzentladezeit signalisiert, zum anderen erkennt man ihn in der im folgenden beschriebenen Vorrichtung. Er wird sofort Ende-Signal auslösen, während einwandfreie Exemplare dazu bisweilen 10 Minuten oder länger benötigen, je nach Entladezustand am Ende der Betriebszeit. Das ist der »zeitliche Engpaß« der vorgestellten Lösung. Man sollte sie also nur ausnahmsweise für Zellen benutzen, die vielleicht erst zur Hälfte entladen sind. Elegantere Methoden bedingen mehr Aufwand. Auch größere Entladeströme sind in diesem Fall günstiger, wenn vom Typ erlaubt.

10.3. Definiertes Entladen

Die Entladeschaltung (Bild 24) besteht aus einem Komparator endlicher Steilheit und einer davon gesteuerten Entladestrecke. Sie wird gesperrt, wenn die Spannung der zu entladenden Zelle auf den Wert gesunken ist, der am invertierenden Eingang des B 861 D anliegt und der sich auf z. B. 1 bis 1,1 V einstellen läßt. Als Referenzquelle bietet sich ein B 589 N an. Bei kleinen Änderungen der Einsatztemperatur und relativ stabiler Versorgungsspannung kann eine Leuchtdiode eingesetzt werden. Ihren Flußstrom sollte man auf wenigstens 1 bis 2 mA einstellen.

Der Entladestrom beginnt im Beispiel bei 110 mA, wenn der Akkumulator noch 1,2 V Klemmenspannung aufweist. Die Sättigungsspannung des SF 126 beträgt unter den vorliegenden Bedingungen etwa 100 mV. Die Schaltung ist damit außer für R6-Zellen auch für Knopfzellen von 450 mAh an abwärts geeignet, wenn der Entladewiderstand entsprechend erhöht wird.

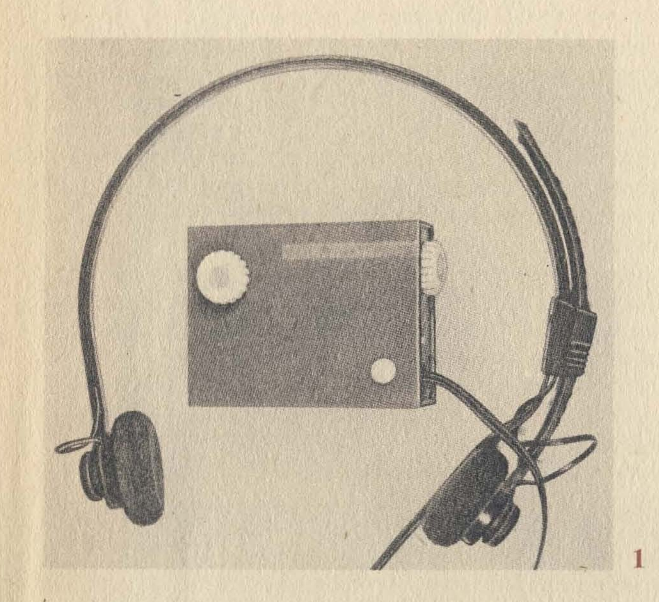
Die Schaltung enthält einen Signalgeber. In ihrer ersten Ausführung war das eine Leuchtdiode mit 560 Ω Vorwiderstand zwischen den Anschlüssen 1 und 5 des B 861 D. Sie beginnt zu leuchten, wenn sich der Komparator mit seiner endlichen Steilheit ausgangsseitig im Übergangsbereich von 1,1 zu etwa 1,05 V öffnet (Beispielswerte). Schließlich ist die Spannung an 5 gegen Masse kleiner als die Summe der Basis-Emitter-Spannungen der beiden Transistoren, und der Entladestrom wird zu Null. Die LED leuchtet auch, wenn sich kein Akkumulator in der Halterung befindet. (Diese Halterung ist z. B. eine R6-Taschenleuchte.) In einer komplexeren Schaltung könnte nun gleich die Ladung eingeleitet werden. Dazu müßte die Entlade-Ende-Information einen Zeitschalter für den Ladestrom starten und außerdem die Entladetransistoren für alle Fälle zusätzlich sperren, damit diese bei einer Fehlreaktion nicht den Ladestrom ableiten können. Für die beschriebene Anwendung wurde darauf verzichtet. Als Signalgeber löste ein Piezophon die Leuchtdiode ab, wie im Bild erkennbar.

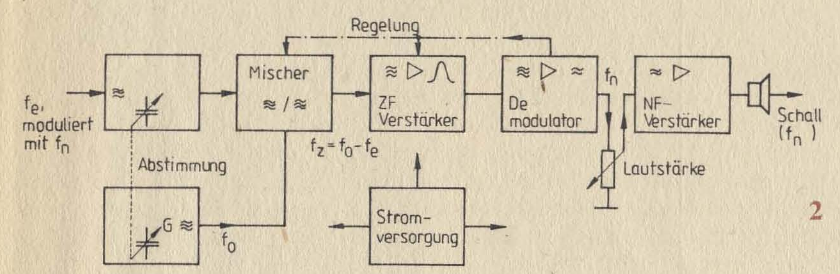
Sind auf diese Weise alle Zellen überprüft und entladen, kann geladen werden. Der Zeitaufwand für die Prüfung sinkt auf etwa 25%, wenn z. B. mit einem B 4761 D entsprechend höherer Schaltungsaufwand getrieben wird.

10.4. Einfache Lade- und Speiseschaltung

Mit einer auf 14 bis 16 Stunden (je nach Vorschrift) eingestellten Schaltuhr oder einfach mit einem Wecker zusammen genügt bereits eine Schaltung nach Bild 25, um solche kleinen NK-Akkumulatoren zeitbegrenzt zu laden. Die Schaltung wird aus einem Netzteil versorgt, das man auch gleich noch z. B. für den »Heimbetrieb« eines 6-V-Walkman wie etwa LCS 1010 benutzen kann (Bild 26).

Eine komfortable Ladeschaltung mit Zeitautomatik, die ursprünglich für den vorliegenden Bauplan entwickelt worden war, konnte auf seiner Fläche nicht mehr untergebracht werden. Sie soll darum in einem anderen Zusammenhang in Bauplan 75 vorgestellt werden.





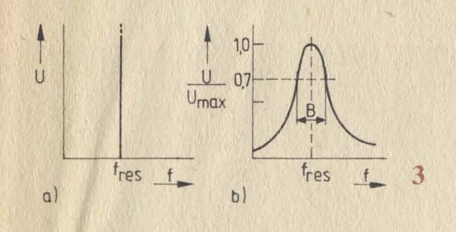
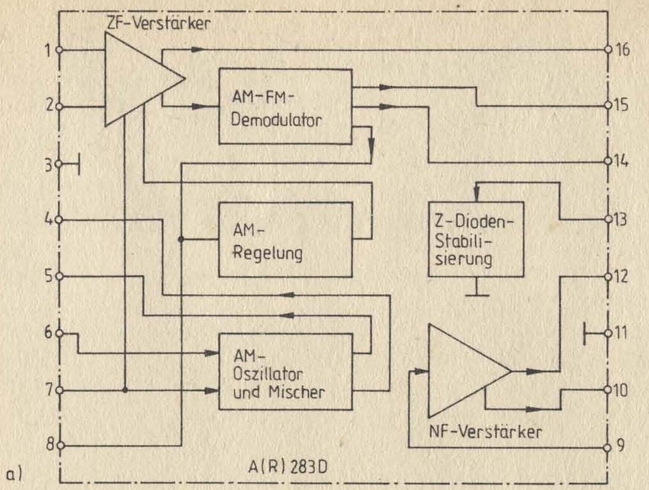
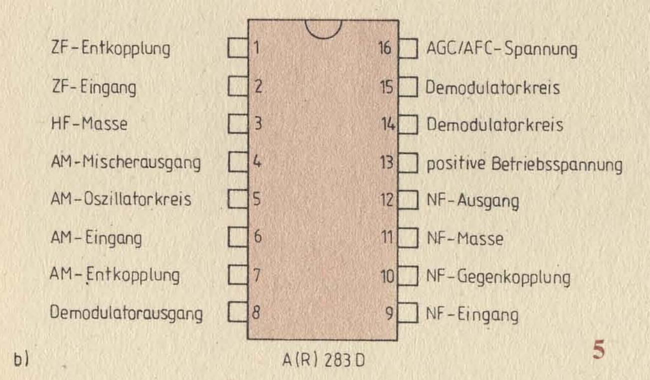


Bild 1
DMK 85 – dieser oder ein ähnlicher leichter Kopfhörer eignet sich gut für »Musik unterwegs«

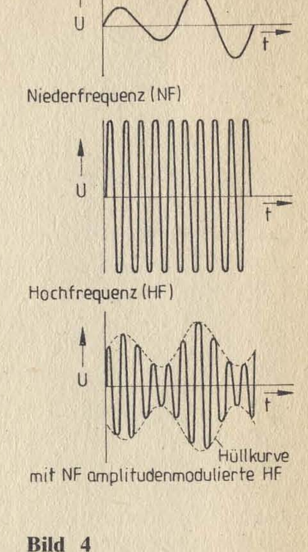
Bild 2
Prinzip des Überlagerungsempfängers (»Super«)

Bild 3
Resonanzverhalten von Schwingkreisen; a – verlustfrei, b – mit Verlusten (dadurch Bandbreite B)





5



4



$$C_{ges} = C_p + \frac{C_S \cdot C_D}{C_S + C_D}$$

L, C_p, C_S, C_D, $(C_{D\,min} \cdots C_{D\,max})$

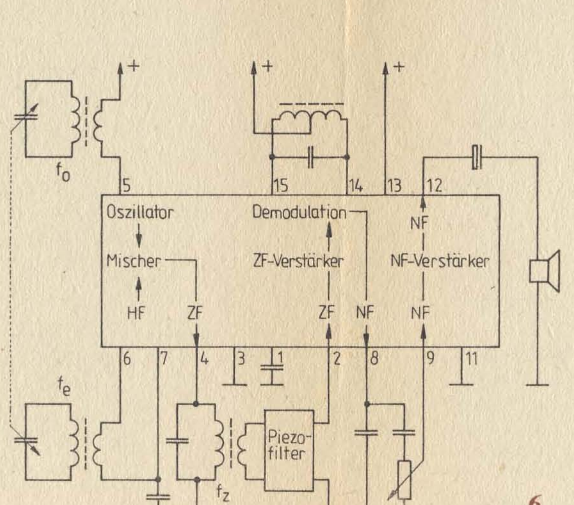
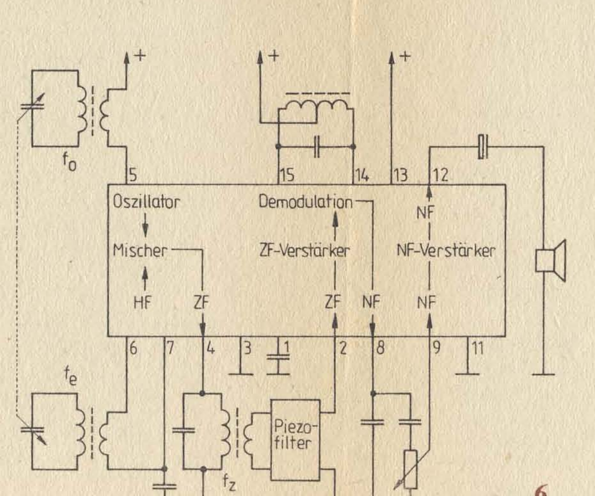
8

Bild 7
Beschaltungsbeispiel für einen Mittelwellensuper

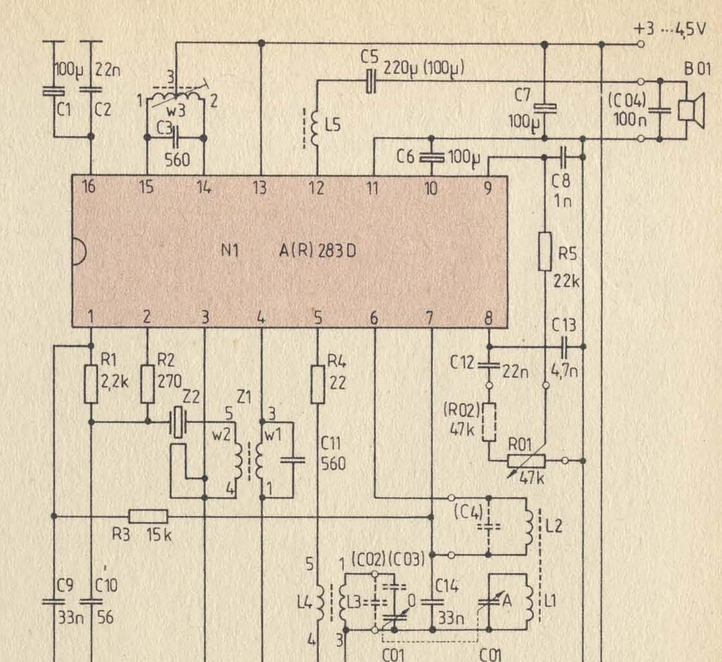
Bild 8
Abstimmbereichsveränderung bei Drehkondensator

Bild 4
Amplitudenmodulation

Bild 5
Informationen zum A283D (siehe auch Bauplan 68); a – Übersichtsdarstellung, b – Anschlußbelegung

6



7

Bild 9
Einfache Kapazitätsmeßbrücke; a – Prinzip, b – Brükkenverstärker mit A283D

Tongenerator

je größer C_X gegen C_N, um so weiter rechts liegt Tonminimum, denn $X_C = 1/2\pi fC$

Minimum: $R_l/X_{CN} = R_r/X_{CX}$

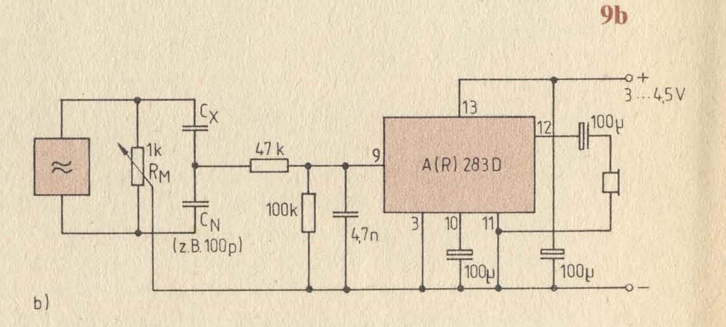
C_N, R_M, R_l, R_r, C_X

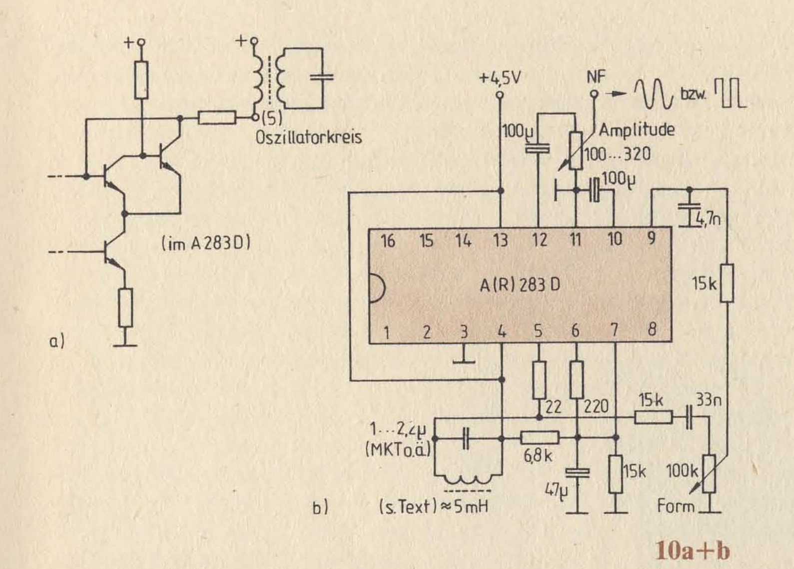
a)

9a

Bild 6
Funktionen »rings um den A283D«

9b





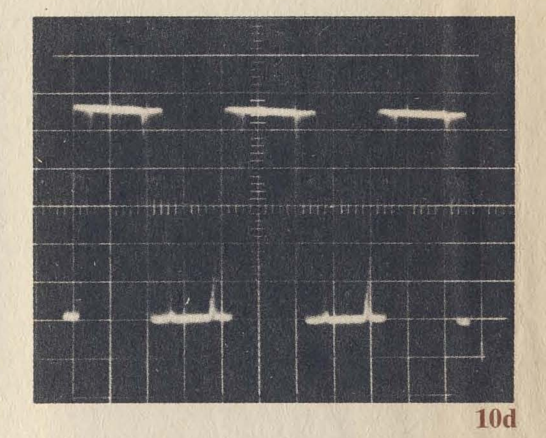
10a+b

Bild 10
Tonfrequenzgenerator mit A 283 D; a – Innenschaltung des Oszillatorkreises, b – praktische Tonfrequenz-Generatorschaltung, je nach Einstellung des »Form«-Potentiometers mit Sinus- oder Rechtecksignal, c – Störungen auf dem Sinus, d – Störungen auf den Rechteckflanken, e – einwandfreier Sinus, f – einwandfreie Rechteckschwingung

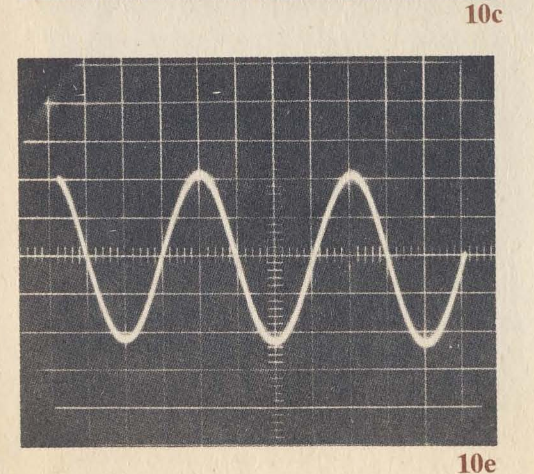
Bild 11
Filtertypen; a – Miniaturfilter, b – Standardfilter

Bild 12
Leiterplatte zu Bild 7; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan, c – Handmusterplatte mit Bauelementen

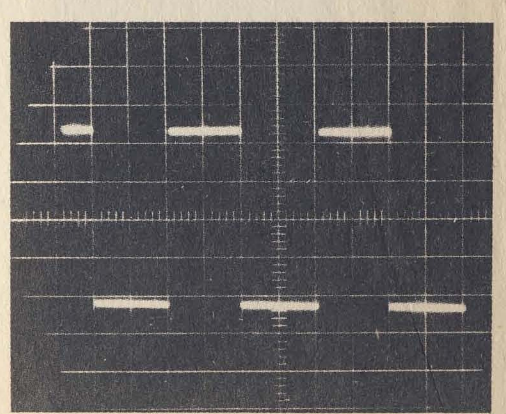
10c



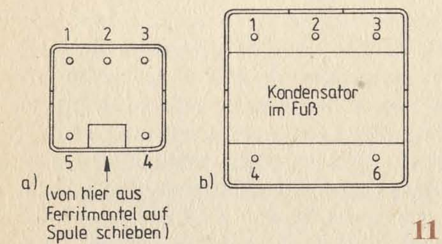
10d



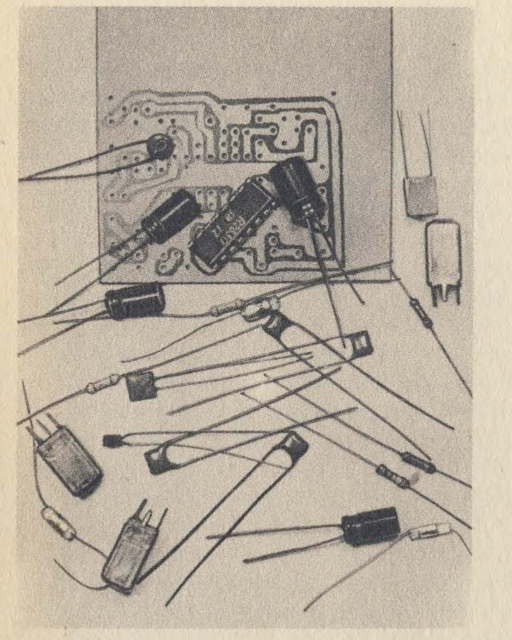
10e



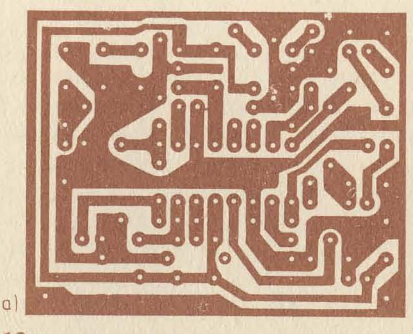
10f



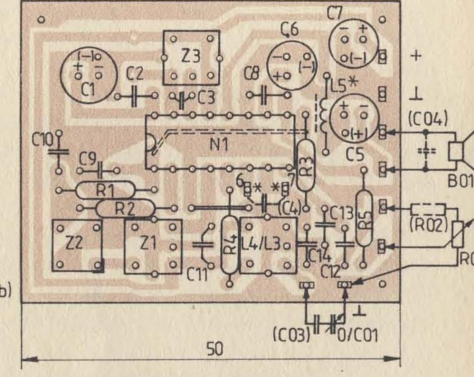
11



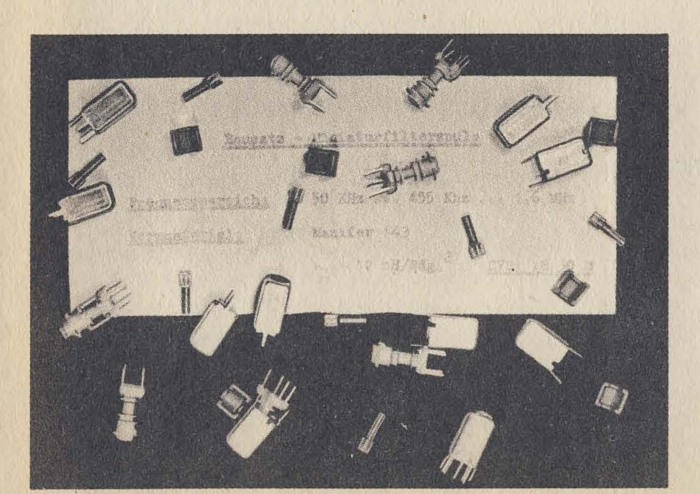
12c



12a

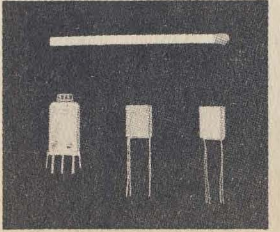


12b



13a

Bild 13
Weitere Spuleninformationen; a – Miniaturfilterbausatz, b – Größenvergleich zwischen Miniatur- und Piezofilter, c – flacher Antennenstab mit Wicklung aus HF-Litze im Vergleich mit Standardfiltern



13b

Stückliste zu Bild 7/12/(21)

Widerstände

R1 2,2 kΩ
R2 270 Ω
R3 15 kΩ
R4 22 Ω
R5 22 kΩ
R01 47 kΩ Schichtdrehwiderstand Gr. 1 bzw. je nach Gesamtgerät; bei Bild 12 außerhalb Leiterplatte
R02 47 kΩ bei Bedarf (nicht auf Leiterplatte)

Kondensatoren

C1 100 μF/16 V Elektrolytkondensator, stehend
C2, C12 22 nF Keramik-Scheibenkondensator
C3, C11 560 pF Kunstfolie-Kondensator
C4 82 pF Keramik-Scheibenkondensator
C5 100 ... 220 μF/10 V Elektrolytkondensator, stehend
C6, C7 100 μF/16 V Elektrolytkondensator, stehend
C8 1 nF Keramik-Scheibenkondensator
C9, C14 33 nF Keramik-Scheibenkondensator
C10 56 pF Kunstfolie-Kondensator
C13 4,7 nF Keramik-Scheibenkondensator
C01 AM-Drehkondensator für Kleingeräte (O für Oszillator, A für Antennenkreis bei unterschiedlichen Kapazitäten, siehe Text), bei Bild 12 außerhalb Leiterplatte
C02 Trimmer auf C01/O
C03 330 pF Keramik-Scheibenkondensator (Richtwert)
C04 100 nF Keramik-Scheibenkondensator (bei Bedarf)

Filter und Spulen

Z2 Piezokeramisches AM-ZF-Filter 455 kHz blau
Bewickelte Bauelemente siehe Tabelle 1

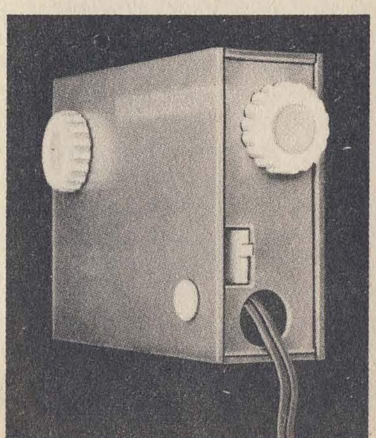
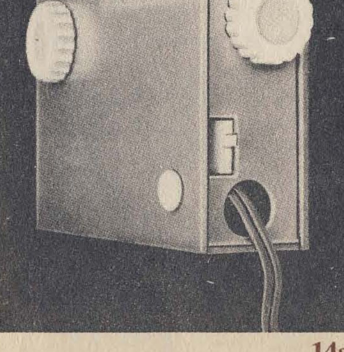
Halbleiterbauelemente

N1 Empfängerschaltkreis A 283 D (R 283 D)

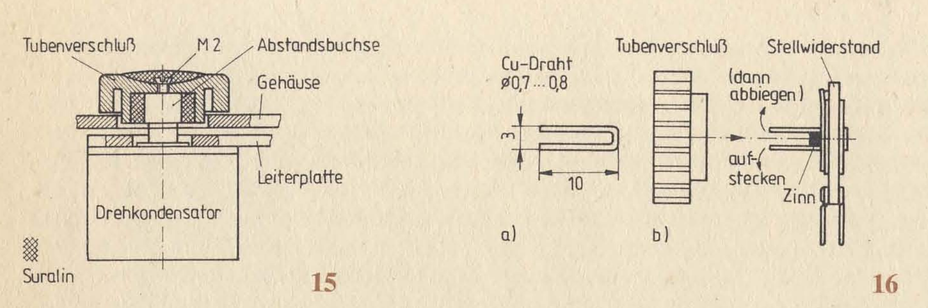
Sonstiges

B01 Dynamischer Monokopfhörer DMK 85 o. ä.
S1 DIL-Schalter, 1polig, bei Bild 21
XB1 Ohrhörerbuchse (bei Bild 21)
G1 NK-Knopfzellenbatterie 2,4 V/ 225 mAh bzw. 2 × R6-Primärelemente (Gehäuse entsprechend breiter)
10 (7) Stecklötösen
2 (3) Drahtbrücken
Leiterplatte nach Bild 12 (bzw. Bild 21)

13c

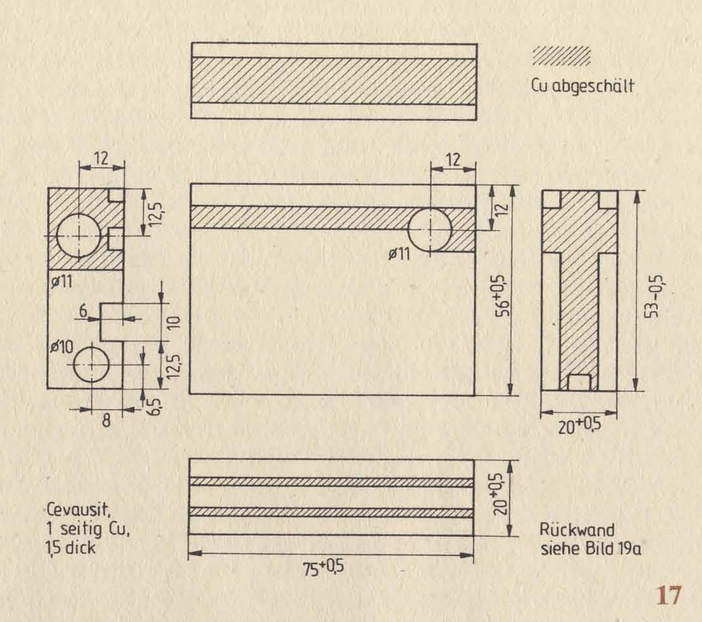



14a



15

16



17

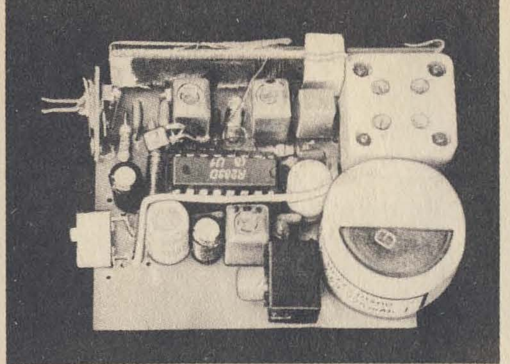
14b

Bild 14
Knöpfe am Super-Mini; a – Seitenansicht mit DIL-Schalter, b – Vorderansicht mit »Verzierung«

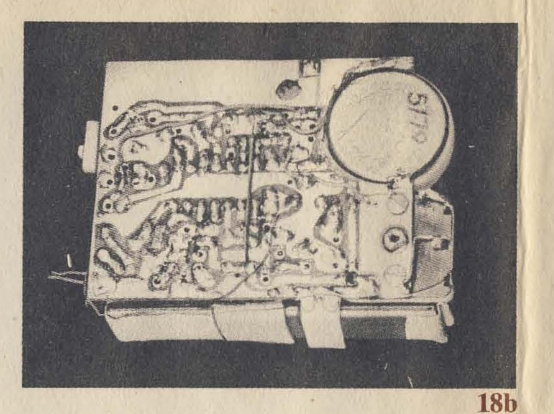
Bild 15
Tubenknopfmontage auf Drehkondensator

Bild 16
Tubenknopfbefestigung am Stellpotentiometer

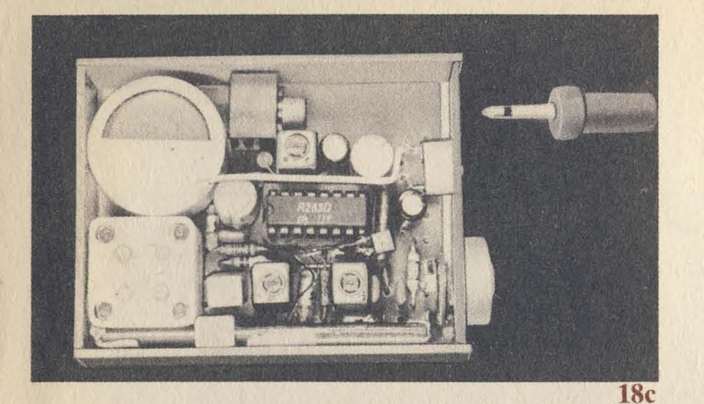
Bild 17
Gehäuseteile für den Super-Mini in der Variante mit NK-Knopfzellen und Drehkondensator



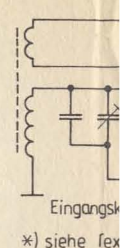
18a



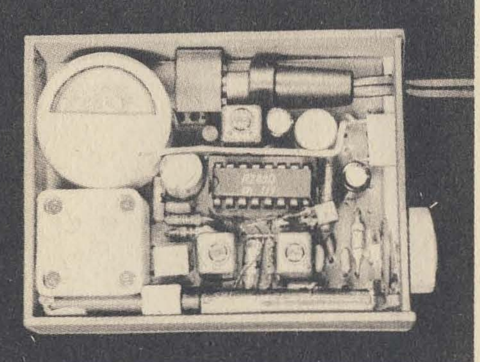
18b



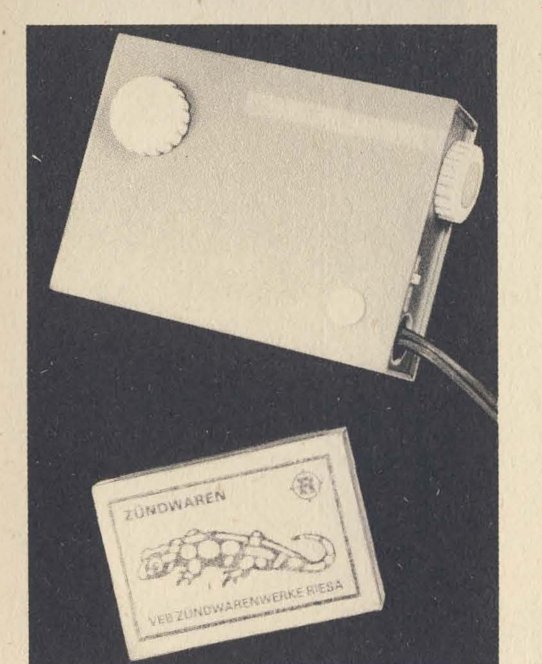
18c







18d



18e

Bild 18
Handmuster des Super-Mini; a – Bauelementeseite, b – Leiterseite (umgebaute Leiterplatte nach Bild 12, Batterie eingelötet), c – Freiraum für Stecker, d – Stecker verschwindet im Gehäuse, e – Größenvergleich mit Streichholzschachtel

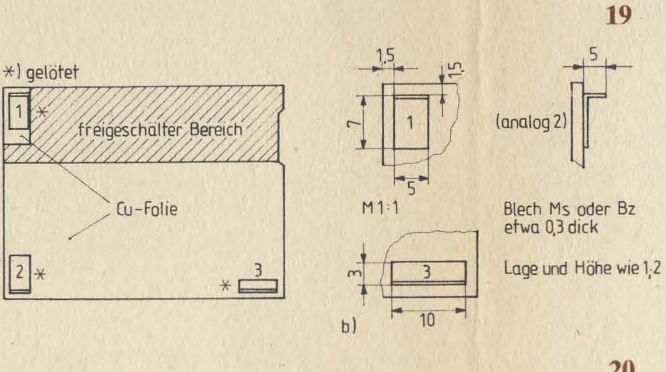
Bild 19
Einzelheiten zur Rückwand

Bild 20
Nachladen des Akkumulators über Hörerbuchse (Vorschlag)

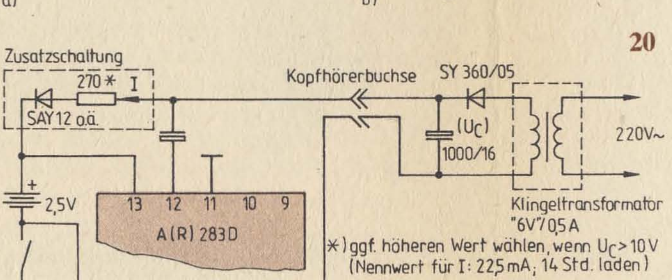
Bild 21
Leiterplatte für Super-Mini, Kleinstform mit NK-Knopfzellen; a – Leiterbild, b – Bestückungsplan



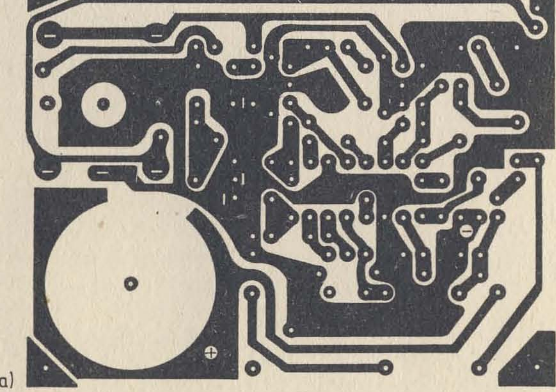
19

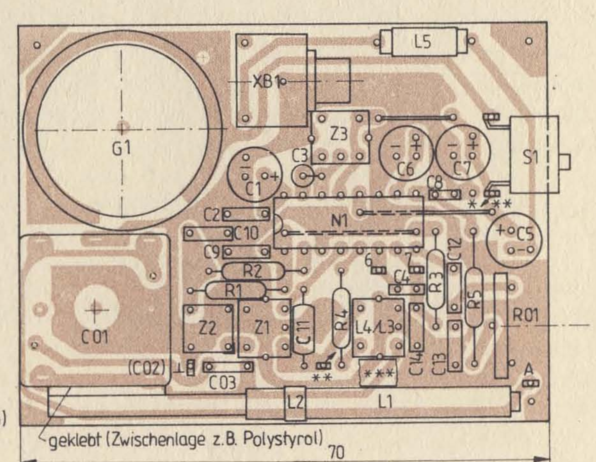


20



21

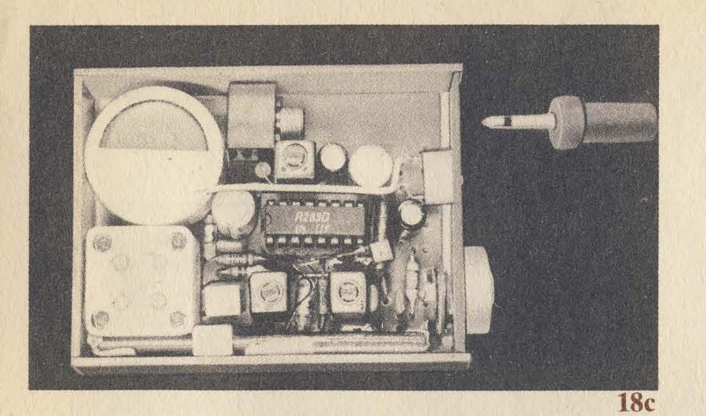




22b

Bild 22
Variantentips; a – Fest quenzeinstellung für 2 Sta nen, b – ausgebaute Hörk sel des Hörers nach Bild 1 Mini-Lautsprecher

Bild 23
AM-ZF-Prüfgenerator NF-Modulation; a – Str laufplan, b – Leiterbild, Bestückungsplan (Platte p auf Taschenleuchte 2 × R6)



18c

kkumulators
chse (Vor-

Super-Mini,
NK-Knopf-
bild, b – Be-

21

a)

19

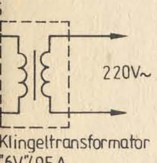
5

(analog 2)

Blech Ms oder Bz
etwa 0,3 dick

Lage und Höhe wie 1:2

20



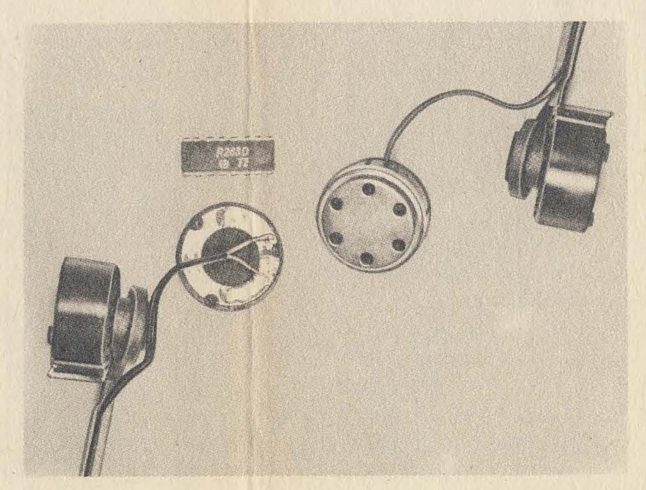
b)

L5
XB1
G1
Z3
C3
C6
C7
S1
C1
C8
C2
C10
N1
C9
C5
C2
R2
C12
R1
R3
C4
R5
C01
Z2
Z1
C11
R4
L4/L3
C13
C14
R01
(C02)
C03
L2
L1
A
geklebt (Zwischenlage z.B. Polystyrol)
70

)* Draht zur ⊖ Seite des Akku
)** Brücke
)*** Kork o.ä. bei Bedarf (geklebt)

6
82
(A bzw. R 283D)
7
5
f1
f2
S1
Eingangskreis
Oszillatorkreis
f1 > f2
*) siehe Text
Trimmer 10/40 (4x); Fest-C je nach f_{Sender} bis 220pF

22a



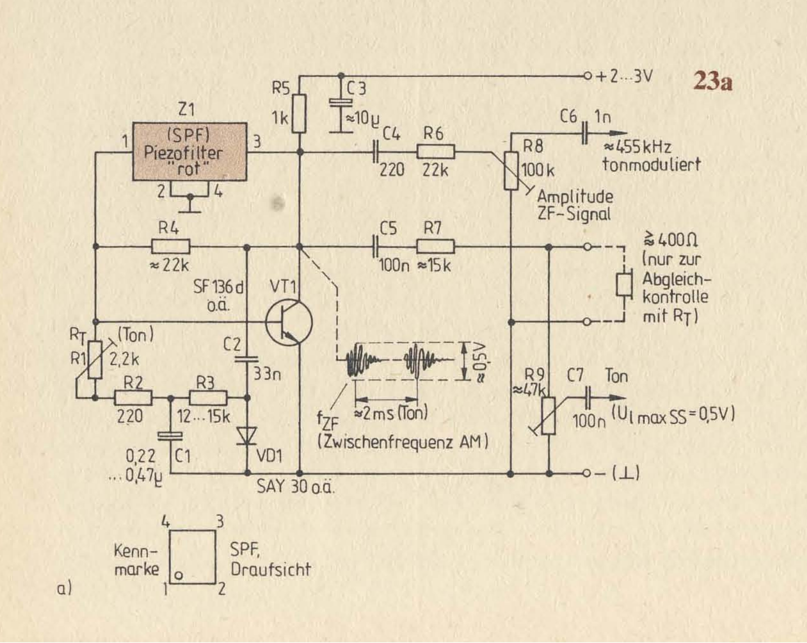
22b

Bild 22
Variantentips; a – Festfrequenzeinstellung für 2 Stationen, b – ausgebaute Hörkapsel des Hörers nach Bild 1 als Mini-Lautsprecher

Bild 23
AM-ZF-Prüfgenerator mit NF-Modulation; a – Stromlaufplan, b – Leiterbild, c – Bestückungsplan (Platte paßt auf Taschenleuchte für 2 × R6)

Tabelle 1. Wickeldaten zu Bild 7

Antennenkreis: Manifer-Flachstab 3 × 14 × 60, Mf 143		
L1		115 Wdg., 0,15-mm-CuL, 1lagig
L2		6 Wdg., 0,15-mm-CuL, masseseitig auf L1
Oszillatorkreis: Miniaturfilter, Mf 143		
L3	1–3	100 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner)
L4	4–5	17 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner), auf L3
ZF-Kreis (Z1): Miniaturfilter, Mf 143		
w1	1–3	115 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner)
w2	4–5	22 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner), auf w1
Demodulatorkreis (Z3): Miniaturfilter, Mf 143		
w3	1–2–3	2 × 65 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner), gleichzeitig wickeln, Ende der 1. und Anfang der 2. Wicklung an 3 (+)
Drossel (L5): Ringkern oder Stabkern Mf 143, 3 × 15		
		4 Wdg., 0,25-mm-CuL auf Ringkern (laut Hersteller) oder
		20 Wdg., 0,15-mm-CuL auf Stabkern



Stücklis

Widerst
R1
R2
R3, R7
R4, R6
R5
R8

R9

Konden
C1 0,2
ko
C2 33
C3 10
(lie
C4 220
C5 100
C6 1n
C7 100

Filter
Z1 Pie
455

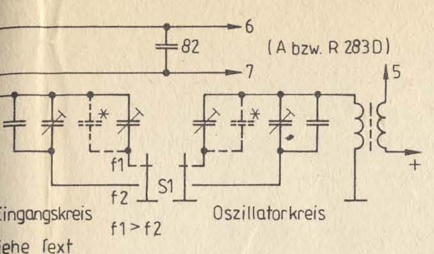
Halblei
VT1 Si
VD1 Si

Sonstig
G1 2
2×
Leiterpla
6 Stecklö

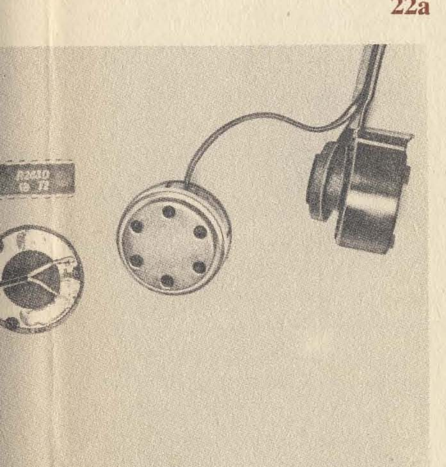
Bild 24
Definiertes Entla
NK-Zellen mit Ende

Bild 25
Einfacher Konstan
der für 4 NK-Zellen
schluß an die Schalt
Bild 26

Bild 26
Einfaches Netzteil fü
betriebenen »Walkn



22a

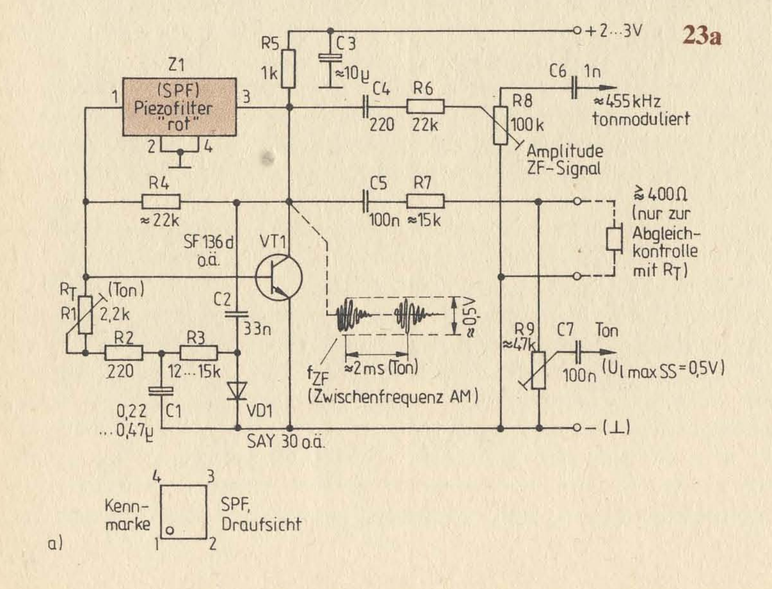


– Festfre-
ir 2 Statio-
e Hörkap-
n Bild 1 als

ator mit
– Strom-
erbild, c –
Platte paßt
chte für

Tabelle 1. Wickeldaten zu Bild 7

Antennenkreis: Manifer-Flachstab 3 × 14 × 60, Mf 143		
L1		115 Wdg., 0,15-mm-CuL, 1lagig
L2		6 Wdg., 0,15-mm-CuL, masseseitig auf L1
Oszillatorkreis: Miniaturfilter, Mf 143		
L3	1–3	100 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner)
L4	4–5	17 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner), auf L3
ZF-Kreis (Z1): Miniaturfilter, Mf 143		
w1	1–3	115 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner)
w2	4–5	22 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner), auf w1
Demodulatorkreis (Z3): Miniaturfilter, Mf 143		
w3	1–2–3	2 × 65 Wdg., 0,13-mm-CuL (oder dünner), gleichzeitig wickeln, Ende der 1. und Anfang der 2. Wicklung an 3 (+)
Drossel (L5): Ringkern oder Stabkern Mf 143, 3 × 15		
		4 Wdg., 0,25-mm-CuL auf Ringkern (laut Hersteller) oder
		20 Wdg., 0,15-mm-CuL auf Stabkern



23a

Stückliste zu Bild 23

Widerstände

R1	2,2 kΩ
R2	220 Ω
R3, R7	12 ... 15 kΩ
R4, R6	22 kΩ
R5	1 kΩ
R8	100 kΩ Schichtdrehwiderstand Gr. 05, liegend
R9	47 kΩ Schichtdrehwiderstand Gr. 05, liegend

Kondensatoren

C1	0,22 ... 0,47 μF MKT- oder Elektrolytkondensator (axial)
C2	33 nF Keramik-Scheibenkondensator
C3	10 μF Elektrolytkondensator, stehend (liegend montiert)
C4	220 pF Keramik-Scheibenkondensator
C5	100 nF Keramik-Scheibenkondensator
C6	1 nF Keramik-Scheibenkondensator
C7	100 nF Keramik-Scheibenkondensator

Filter

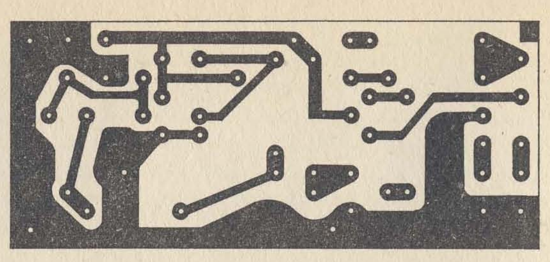
Z1 Piezokeramisches AM-ZF-Filter 455 kHz rot

Halbleiterbauelemente

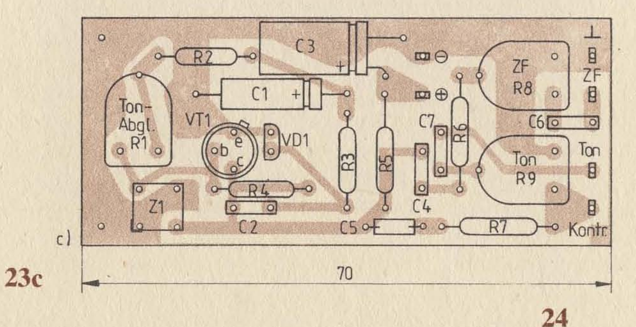
VT1 Silizium-Transistor SF 136 d o. ä.
VD1 Silizium-Planardiode SAY 30 o. ä.

Sonstiges

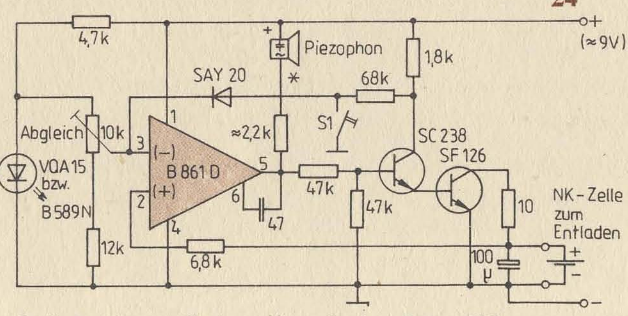
G1 2 R6-Elemente in Taschenleuchte für 2 × R6
Leiterplatte nach Bild 23b
6 Stecklötösen



23b b)



23c

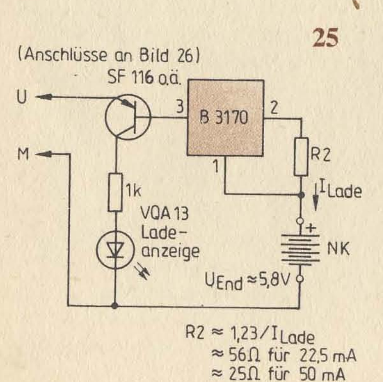


24

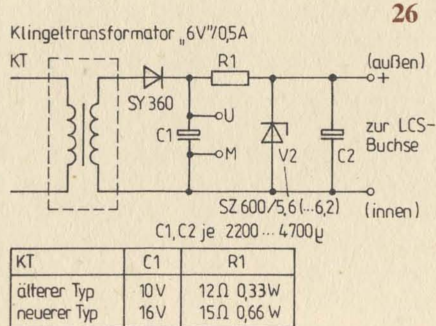
Bild 24
Definiertes Entladen von NK-Zellen mit Ende-Signal

Bild 25
Einfacher Konstantstromlader für 4 NK-Zellen zum Anschluß an die Schaltung nach Bild 26

Bild 26
Einfaches Netzteil für mit 6 V betriebenen »Walkman«



25



26

KT	C1	R1
älterer Typ	10 V	12 Ω 0,33 W
neuerer Typ	16 V	15 Ω 0,66 W

U, M für Ladeschaltung nach Bild 25

Aus dem Inhalt dieses Bauplans

- Nur für Einsteiger: der »Super«
- Der Chip zwischen Antenne und Lautsprecher
- Einfache Meßtechnik für Induktivitäten
- Super-Mini mit Drehkondensator
- Festfrequenz-Mini
- Lautsprecher-Mini
- Prüfgenerator mit Piezofilter
- Ladeschaltung für Walkman-Akkus

Eigenschaften des Super-Mini

- Brusttaschenformat mit Walkman-Kopfhörern (etwa 22 mm × 55 mm × 74 mm)
- Größe hauptsächlich von Batteriewahl bestimmt
- Zwei-Zellen-Speisung
- Maßgeschneidertes Gehäuse

Leiterplatten

- Universell einsetzbarer AM-Superbaustein: 40 mm × 50 mm
- Super-Mini mit NK-Knopfzellen 225 mAh: 52,5 mm × 70 mm
- ZF- und NF-Prüfgenerator: 30 mm × 70 mm
- Alle Leiterbilder auf ätzfester *typofix*-Folie im Amateurbedarfshandel für 1,65 M erhältlich. Superbausteine voraussichtlich je zweimal auf der Folie vorhanden.

Wichtiger Hinweis

Alle in diesem Bauplan wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt. Sie wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einhaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht auszuschließen. Für Mitteilungen dieser Art sind Autor und Verlag jederzeit dankbar. Für eventuell auftretende Fehler wird keine Haftung übernommen.

Schlenzig, Klaus:
Super-Mini für unterwegs. – Berlin: Brandenburg. Verl.-Haus 1990. – 32 Seiten: 26 Bilder – (Bauplan 73)

ISBN 3-327-00946-5

1. Auflage, 1990 · © Brandenburgisches Verlagshaus – Berlin, 1990 · Lizenz-Nr. 5 · Printed in the German Democratic Republic · Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Sachsendruck Plauen, BT Falkenstein · Lektor: Wolfgang Stammler · Typografie: Catrin Kliche · Redaktionsschluß: 15. September 1989 · LSV: 3539 · Bestellnummer: 747 335 8 00100